Untersuchungen über die Transpiration von Sonnen- und Schattenpflanzen.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Basel

vorgelegt von

Hermann Lüdin

aus Basel.

Basel

Buchdruckerei Emil Birkhäuser & Cie.

1929

Untersuchungen über die Transpiration von Sonnen- und Schattenpflanzen.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Basel

vorgelegt von

Hermann Lüdin

aus **Basel.**

Basel

Buchdruckerei Emil Birkhäuser & Cie.

1929

Genehmigt von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der philosophischen Fakultät auf Antrag der Herren Professoren Dr. G. Senn und Fr. Zschokke.

Basel, den 28. Juni 1927.

Prof. Dr. **Fr. Fichter,** Dekan.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Separatabdruck aus den
Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel,
1928, Band XXXIX.

Untersuchungen über die Transpiration von Sonnen- und Schattenpflanzen.

Einleitung.

Vorliegende Arbeit wurde im Anschluss an die Untersuchungen ausgeführt, die mein hochgeschätzter Lehrer Prof. Dr. G. Senn (1922) auf Muottas Muraigl im Engadin an Alpenpflanzen angestellt hatte. Diese hatten unter anderem ergeben, dass bei relativ niederen Temperaturen Sonnenindividuen von Alpenpflanzen mehr transpirieren als Sonnenindividuen von Ebenenpflanzen, und dass Schattenexemplare der alpinen *Homogyne* von einer gewissen Besonnung an (aktinometrische Differenz = 10^0) weniger transpirieren als Sonnenindividuen derselben Species. Es erhob sich nun die Frage, ob auch Pflanzen der Ebene, die unter verschiedenen Lichtintensitäten leben, sich in ihrer Transpiration unterscheiden, und welche Rolle die Lichtintensität dabei spielt. Mit dieser Frage beschäftigt sich nun vorliegende Arbeit. Dabei stand zu erwarten, dass die deutlichsten Unterschiede in der Transpiration verschiedener Pflanzen sich dann geltend machen, wenn diese an die Lichtintensität extrem verschiedene Ansprüche stellen. Sonnen- und Schattenexemplare derselben Species werden aber in dieser Beziehung geringere Unterschiede zeigen, als Vertreter verschiedener Species oder Genera, die als ausgesprochene Sonnen- oder Schattenpflanzen an sonnigen resp. an schattigen Standorten vorkommen. Deshalb untersuchte ich die Transpiration verschiedener Species und Genera verschiedener Standorte mit entsprechend verschiedenen Lichtansprüchen.

In der Literatur finden sich nur wenig Arbeiten, die sich auf die Transpiration von Sonnen- und Schattenpflanzen unter gleichen

Bedingungen beziehen. Nur bedingte Bedeutung kommt den Ergebnissen der Untersuchungen MAXIMOW's (1923) und denjenigen KELLER's (1925) zu, weil diese Forscher mit abgeschnittenen und dann ins Wasser gestellten Pflanzen gearbeitet haben. Dabei wies MAXIMOW nach, dass im Schatten die „Schatten-Mesophyten" (1923, p. 131) pro Flächeneinheit weniger transpirieren als die Xerophyten; KELLER zeigte seinerseits, dass auch in der Sonne die Schattenspecies eine geringere Transpiration aufweisen als die Sonnenspecies. STOCKER (1923) bestimmte die Transpiration bewurzelter Topfpflanzen mittelst täglicher Messungen und wies dabei unter anderm nach, dass die Wasserabgabe der Schattenpflanzen *Oxalis Acetosella* und *Asperula odorata* nur $^7/_{10}$ derjenigen der Sonnenspecies *Erica Tetralix* oder $^1/_6$ derjenigen der Sonnenspecies *Caltha palustris* beträgt (1923, p. 24); er kommt zum Schluss, dass wenigstens im Sommer die Transpiration der Schattenpflanzen pro Flächeneinheit weit geringer sei als die der Sonnenspecies. In der Arbeit über: „Die Transpiration der Schatten- und Sonnenpflanzen in ihren Beziehungen zum Standort" (1926) hat M. DIETRICH dieses Resultat an einem grösseren Pflanzenmaterial bestätigt, und zwar durch Versuche, die sie sowohl an schattigem als auch an sonnigem Standorte durchgeführt hatte. Da hiebei die Transpiration nur alle 24 Stunden festgestellt wurde, so dass die Wasserabgabe einer Pflanze unter den wechselnden Aussenbedingungen, wie sie im Laufe eines Tages vorkommen, zu einem einzigen Wert zusammengefasst wurde, konnte über den Einfluss der verschiedenen Aussenfaktoren auf die Transpiration von Sonnen- und Schattenpflanzen nichts ausgesagt werden; dies war übrigens von M. DIETRICH auch nicht beabsichtigt. Da aber nach den Versuchen SENN's (1922) das Schattenindividuum von *Homogyne alpina* bei Besonnung viel schwächer transpiriert als das Sonnenindividuum, war es für mich gegeben, bei den Versuchen über die Transpiration der Sonnen- und Schattenpflanzen auch die Einflüsse der Aussenfaktoren, insbesondere diejenigen des Lichtes, zu berücksichtigen. Dies erreichte ich durch die Bestimmung der stündlichen Transpirationsraten während mehrerer aufeinanderfolgender Stunden, innerhalb deren sich die Transpiration unter relativ konstanten Aussenfaktoren abspielte. So konnte ich hoffen, die festgestellten Transpirationsraten zu den in den einzelnen Versuchsstunden realisierten Aussenbedingungen in Beziehung zu bringen.

Dementsprechend befasse ich mich mit folgenden drei Fragen:

1. Lässt sich entsprechend SENN's (1922) Resultaten durch stündliche Transpirationsbestimmungen das aus täg-

lichen Bestimmungen gewonnene Resultat Stocker's bestätigen, nach welchem Schattenpflanzen pro Flächeneinheit weniger transpirieren als Sonnenpflanzen?

2. Welchen Einfluss haben die Aussenfaktoren auf den täglichen Verlauf der Transpiration von Sonnen- und Schattenpflanzen?
3. Können eventuelle Verschiedenheiten der Transpiration bestimmter Typen von Sonnen- und Schattenspecies auf bestimmte Aussenfaktoren zurückgeführt werden?

Ich begann diese Arbeit im Wintersemester 1923/24 im Botanischen Institut der Universität Basel. Erst nachdem ich die Versuche im Frühling 1926 abgeschlossen hatte, kamen die kurz vorher erschienenen Arbeiten Keller's (1925) und Dietrich's (1926) zu meiner Kenntnis. Obwohl diese Autoren einige prinzipiell neue Resultate, die meine Arbeit ergeben hatte, vor mir publiziert haben, halte ich die Veröffentlichung meiner Versuchsergebnisse nicht für überflüssig; habe ich sie doch unabhängig von diesen beiden Autoren und ausserdem mit etwas anderer Methode und an andern Pflanzen gewonnen. Sie bilden darum eine Erweiterung und Bestätigung der Arbeiten genannter Autoren.

Herrn Prof. Dr. G. Senn, welcher mich zu dieser Arbeit anregte und ihrem Fortgang lebhaftes Interesse und freundlichste Unterstützung entgegenbrachte, spreche ich meinen tiefgefühlten Dank aus.

A. Die Versuchspflanzen.

Bei der Auswahl der Versuchspflanzen aus der Umgebung von Basel liess ich mich von folgenden Gesichtspunkten leiten:

a) Die Pflanzen mussten schon in der Natur unter wesentlich verschiedenen Bedingungen leben.

b) Die Pflanzen durften eine gewisse Grösse (12 cm) nicht überschreiten, damit sie auf der chemischen Wage Platz fanden. Dagegen sollten sie eine relativ grosse transpirierende Fläche aufweisen, Verhältnisse, wie sie bei Pflanzen mit grundständigen Blättern realisiert sind.

c) Da möglichst gleichartiges Material derselben Species in Serien verwendet werden sollte, bevorzugte ich Pflanzen, die am gleichen Standorte in grosser Individuenzahl vorhanden waren oder solche, die sich vegetativ leicht vermehren liessen, so z. B. *Veronica Beccabunga* durch Teilung, sowie *Hieracium Pilosella* und *Glechoma hederacea* durch Ausläufer.

So kamen hauptsächlich folgende vier Arten zur Verwendung:
von trockenem, sonnigem Standort: *Alyssum montanum L.* und *Hieracium Pilosella L.;*
von nassem, sonnigem Standort: *Veronica Beccabunga L.;*
von feuchtem, schattigem Standort: *Oxalis Acetosella L.*

Ausserdem fanden gelegentlich noch folgende Species Verwendung:

Brunella vulgaris L., Ficaria verna Huds., Fragaria vesca L., Glechoma hederacea L., Primula elatior Jacq., Primula officinalis Scop., Viola silvatica Fr.

B. Methode.

Unter den verschiedenen Untersuchungsmethoden, die zur Bestimmung der Transpirationswerte üblich sind, wurde die immer noch verlässlichste Methode der periodischen Wägung der Pflanze angewendet.

Die Versuchsanordnung war dieselbe, wie die von Senn bei seinen Untersuchungen über die Transpiration der Alpenpflanzen angewandte.

I. Vorbehandlung.

Ich pflanzte möglichst kräftige Exemplare, die ihrem natürlichen Standort entnommen worden waren, in weithalsige, mit feuchter Erde gefüllte Flaschen von ca. 30 resp. 50 cm^3 Inhalt. Erst nach 3—4 Wochen, nachdem die Pflanzen gut angewachsen waren, wurden sie zu den Versuchen benützt. Bevor diese begannen, musste aber die Flasche rings um den Stengel der Pflanze hermetisch verschlossen werden, um eine direkte Wasserabgabe der feuchten Erde an die Luft zu verhindern. Dies wurde folgendermassen erreicht: gleich bei der Einpflanzung in die Flaschen wurde ein quadratisches, in der Mitte durchlochtes Stück Gummi vorsichtig über die Wurzeln an den Stengelgrund gestülpt. Unmittelbar vor dem Versuch legte ich dann die Ränder des Gummistückes über den zuvor mit Isolierband umwundenen Flaschenhals und band sie dort mittelst einer Schnur fest, die daraufhin noch mit Paraffin getränkt wurde. Die etwa vorhandene offene Fuge zwischen Gummistück und Stengel wurde mit Cacaobutter abgedichtet. Dank diesem Abschluss konnte das in der Flasche befindliche Wasser nur durch die Pflanze hindurch an die Luft gelangen. Ein Gewichtsverlust musste somit der Menge Wasserdampf entsprechen, die von der Pflanze verdunstet worden war. Denn die durch Assimilation und Atmung sich ergebende Ge-

wichts- Zu- resp. -abnahme kann man ihrer viel kleineren Werte wegen vernachlässigen.

II. Verlauf eines Versuches.

Die so vorbehandelten Pflanzen wurden nun den Versuchsbedingungen, die weiter unten besprochen werden, ausgesetzt und stündlich gewogen. Ich führte jedoch die erste Wägung nicht gleich zu Anfang des Versuchs, sondern erst nach 2—3 Stunden aus, um den Pflanzen zu ermöglichen, sich auf die veränderten Aussenbedingungen einzustellen. Zur Wägung stand mir eine im Versuchsraum stehende Chemikerwage mit Glasgehäuse zur Verfügung mit einer Genauigkeit von 0,5 mgr. Eine Wägung beanspruchte die Zeit von 2—3 Minuten, also nur $^1/_{20}$—$^1/_{30}$ eines Versuchsintervalls, so dass die in dieser Zeit vorkommenden Veränderungen der Aussenbedingungen gegenüber der Konstanz oder einem feststellbaren Wechsel der Bedingungen während der übrigen 58—57 Minuten vernachlässigt werden durften. Der anfängliche Plan, die Versuche im Freien, unter natürlichen Bedingungen vorzunehmen, musste aufgegeben werden, weil zu der für das Wägen erforderlichen Zeit noch die Zeit hinzukam, die die Reinigung der Pflanze von Staub und Schmutz und ihr Transport vom Versuchsort zur Wage verursachte. Deshalb führte ich die Versuche im Laboratorium aus, als welches eine kleine, kühle, im Keller des Institutes gelegene Dunkelkammer diente. Dem Nachteil der Unnatürlichkeit der Bedingungen stand der grosse Vorteil gegenüber, dass die Aussenbedingungen willkürlich gestaltet werden konnten.

Die Zahl der zu einem Versuche benützten Pflanzen betrug 6 oder 9, von denen je 3 Exemplare zur gleichen Species gehörten. Da die Wägungen der verschiedenen Versuchspflanzen alle 2—3 Minuten aufeinander folgten, die einmalige Wägung aller Pflanzen somit 15—25 Minuten erforderte, so ist klar, dass die einzelnen Pflanzen nicht genau unter denselben Aussenbedingungen stehen mussten, da sich während dieser Zeit Temperatur und Feuchtigkeit der Luft ändern konnten. Dieser nicht zu umgehende Nachteil der von mir angewandten Methode darf jedoch nicht überschätzt werden, da sich Temperatur und Feuchtigkeit nur wenig und langsam änderten, während die Lichtintensität, welche die Transpiration viel stärker beeinflusste, während des Wägens konstant gehalten wurde.

III. Versuchsbedingungen.

Wie ich schon in der Einleitung bemerkte, untersuchte ich in erster Linie die Abhängigkeit der Transpiration von verschiedenen Lichtintensitäten. Als Lichtquelle stand mir eine 1000 Wattlampe zur Verfügung. Durch Veränderung der Distanz zwischen Pflanze und Lichtquelle war es möglich, bis zu einem bestimmten Maximum (gegeben durch die kürzeste Entfernung, bei der die starke Wärmestrahlung den Pflanzen noch nicht schaden kann) jede beliebige Lichtstärke zu erhalten. Ich beschränkte mich aber auf zwei, mit Einschluss der Dunkelheit als Grenzfall, auf drei Lichtstärken: 5000, 1000 und 0 Lux. Dabei liess ich die Änderung der Lichtintensität im Gegensatz zu den andern Aussenbedingungen immer momentan eintreten. Dieser Änderung der Lichtintensität ging allerdings eine nicht genauer bestimmte Herabsetzung der Lichtintensität während der zwei zum Wägen erforderlichen Minuten voraus.

In bezug auf Temperatur und Feuchtigkeit gestalteten sich die Verhältnisse nicht so günstig. Beide Faktoren wurden durch die Wärmewirkung der Lichtquelle zu stark beeinflusst, als dass sie während des einzelnen Versuchsintervalls, unter dem ich die Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wägungen verstehe, hätten konstant bleiben können. Immerhin liessen sie sich durch vier elektrische Öfen, durch einen Ventilator, sowie durch Bespritzen der Wände des Versuchsraumes mit Wasser verstärken oder abschwächen. Die dadurch hervorgerufenen Änderungen kamen aber nicht momentan zur Wirkung, so dass die wünschenswerte Konstanz der Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen während der Versuchsintervalle nicht völlig realisiert werden konnte.

Die meisten Versuche habe ich mit folgendem Wechsel der Versuchsbedingungen ausgeführt. Nach der ersten Wägung, die meist abends erfolgte, wurden die Versuchspflanzen 14—16 Stunden (1. Nacht) der Dunkelheit ausgesetzt, somit vorerst ein mehrstündiges Versuchsintervall geschaffen, auf das dann 3—5 einstündige Intervalle folgten, in welchen die Pflanzen mit 5000 Lux beleuchtet wurden. Dann folgten meist drei Versuchsintervalle mit nur 1000 Lux, woran sich ein zweites vielstündiges Intervall (2. Nacht) mit Dunkelheit anschloss. Mit drei einstündigen Intervallen, in denen die Pflanzen wieder der Lichtintensität 5000 Lux ausgesetzt waren, wurde die Serie der Wägungen abgeschlossen. Direkt vor oder nach den Wägungen las ich das Assmann'sche Psychrometer unmittelbar bei den Pflanzen ab, was die Bestim-

mung der jeweils herrschenden Temperatur und Feuchtigkeit der Luft gestattete. Letztere rechnete ich mit Hilfe der Aspirations-Psychrometer-Tabellen und mittelst der Formel $Sd = f\ (1 - {}^{R}/_{100})$ (R = Relative Feuchtigkeit, f = Spannkraft des gesättigten Dampfes) in das Sättigungsdefizit um, das ich im Folgenden mit S. D. abkürze.

IV. Ende des Versuchs.

Nach der letzten Wägung wurde sowohl das Frischgewicht der transpirierenden Pflanzenteile als auch dasjenige der Wurzeln bestimmt. Durch Anwendung lichtempfindlichen Papiers, auf welchem die Umrisse der transpirierenden Pflanzenteile abgebildet wurden, und durch Ausschneiden und Wägen dieser Bilder wurde die Oberfläche der Blätter und Stengelteile festgestellt, die während des Versuchs transpiriert hatten. Nur in einigen Stichproben wurde der Wassergehalt des Bodens nachgeprüft; es ergab sich, dass die den Pflanzen kurz vor Versuchsbeginn verabreichte optimale Wassermenge sich während der Versuchsdauer von 1—2 Tagen nur unbedeutend vermindert hatte.

C. Auswertung und Darstellung der Versuchsergebnisse.

Um den unmittelbar erhaltenen Transpirationswert einer bestimmten Pflanze, der, wenn nötig, auf genau 60 Minuten reduziert wurde, mit der Wasserabgabe anderer Pflanzen vergleichen zu können, musste ich die Transpiration zur Grösse der Pflanzen in Beziehung setzen. Als Einheit kann entweder 1 cm^2 der Oberfläche oder 1 gr des Frischgewichtes der transpirierenden Pflanzenteile gewählt werden. Beide Grössen befriedigen nicht ganz. Die Einheit der Oberfläche nicht, weil sie die innere transpirierende Fläche, d. h. die Oberfläche der Zellen unberücksichtigt lässt, diejenige des Frischgewichtes nicht, weil sie den während der aufeinanderfolgenden Versuchsstunden schwankenden Wassergehalt der Pflanzen nicht zu erfassen vermag. In bezug auf die Vorteile, die diese Einheiten bei Transpirationsversuchen zu bieten vermögen, sei auf die zusammenfassende Darstellung von B. Huber (1925) verwiesen. Obwohl man bei Untersuchungen über die gesamte Wasserbilanz keiner der Einheiten entraten kann, so ist es bei Versuchen, die nur die Transpiration feststellen, nicht notwendig, beide Einheiten zu berücksichtigen. So habe ich meine Werte auf die transpirierende Oberfläche, und zwar auf die einfache Blattfläche umgerechnet; dies aus der Erwägung heraus, dass sich bedeutende Gewebeteile, wie z. B. die Festi-

gungsgewebe, die keine oder nur mittelbare Beziehung zur Transpiration haben, im Gewicht zu stark auswirken, während die Oberfläche, an welcher der Austritt des Wasserdampfes aus der Pflanze stattfindet, die Absorption von Licht und Wärme vorwiegend bedingt, derjenigen Faktoren also, von welchen die Transpiration besonders stark abhängig ist. Die Umrechnung auf 1 gr Frischgewicht der Wurzel, die Stocker anwandte, kam bei der grossen Verschiedenheit der unterirdischen Organe meiner kleinen, leichten und zarten Pflanzen nicht in Betracht, weil sie mit zu grossen Mängeln verbunden gewesen wäre. Diese Verschiedenheit ist teilweise auch auf den Umstand zurückzuführen, dass beim Versetzen von Pflanzen immer gewisse Teile des Wurzelsystems leiden, ja absterben, die dann bei der Feststellung des Wurzelgewichtes nicht mit der nötigen Sicherheit ausgeschieden werden konnten. Zudem sind es ja nicht die schweren alten Partien, sondern die jungen, leichten und leicht verletzlichen Wurzeln mit ihren Haaren, die für die Wasseraufnahme verantwortlich zu machen sind.

Meine Darstellung der Transpirationswerte durch Kurvenbilder deckt sich im Prinzip mit der schon von Hesselmann (1904, Fig. 29) und neuerdings wieder von M. Henrici (1923, p. 366) angewandten. Darin erscheint (vgl. Fig. 1) der Verlauf der Transpiration als Treppenkurve, weil die absolute Transpiration nicht als Ordinate eines bestimmten Zeitpunktes, sondern eines Zeitintervalles aufgetragen wird, was den Tatsachen besser entspricht.

Um die Anschaulichkeit dieser Darstellung durch Überfüllung mit Einzelkurven nicht zu beeinträchtigen, musste ich von der Wiedergabe aller 6 bezw. 9 gleichzeitig in einem Versuch erhaltenen Kurven absehen. Ich zeichnete darum für jede Species nur die Kurve desjenigen der drei gleichzeitig untersuchten Individuen ein, dessen Transpiration das charakteristische Verhalten seiner Species am deutlichsten zum Ausdruck brachte. Bei vergleichenden Versuchen ist ja nicht nur mit Unterschieden in den Resultaten verschiedener Species, sondern auch mit individuellen Verschiedenheiten innerhalb derselben Pflanzenart zu rechnen. Diese dürften ihre Erklärung z. T. in der Feststellung Loftfield's (Angabe Burgerstein III, p. 38) finden, dass bei den meisten Pflanzen die Stomata, welche ja die Transpiration in weitgehendem Masse beeinflussen, auf äussere Faktoren verschieden stark und verschieden rasch reagieren. So erhielt ich bei den drei gleichzeitig untersuchten Individuen derselben Art nicht nur quantitative, sondern etwa einmal gegenüber dem Verhalten während des vorangegangenen Intervalles auch

qualitative Unterschiede. Da meine Kurven nur die Transpiration je eines Individuums wiedergeben, sagen sie über die individuellen Schwankungen nichts aus. Um aber von diesen wenigstens einen Begriff zu geben, habe ich in Tabelle I sämtliche in einem Versuch (No. 12) gewonnenen Werte zusammengestellt, und zwar ausser den auf die Einheit der Blattfläche umgerechneten Werten auch die absoluten Gewichtsverluste der transpirierenden Pflanzen,

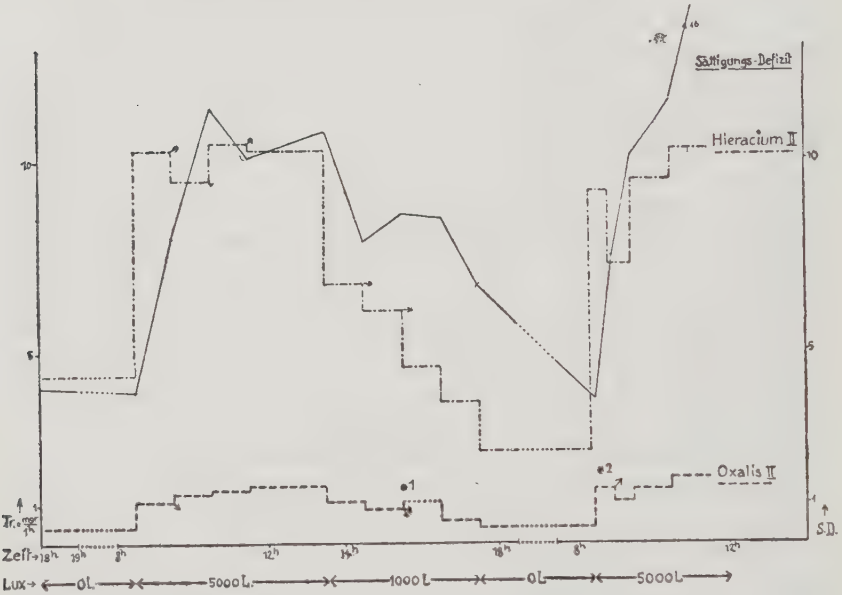

Fig. 1. Die Transpiration von *Oxalis Acetosella* No. 2 und von *Hieracium Pilosella* No. 2. Versuch 11. 21. V. 1924.

Anmerkungen: *1 Zwei Exemplare von *Oxalis* sinken, das hier dargestellte steigt.
*2 Die Ordinaten in den Zeitintervallen von 8.30—9.30 sind durch Verdoppelung der aus halbstündigen Bestimmungen erhaltenen Transpirationswerte gewonnen worden, damit die Einheit der Ordinatenaxe mgr. Wasser pro Stunde gewahrt bleibt.

um auch darüber ein Urteil zu ermöglichen. In den Kurven, denen solche Tabellen nicht beigegeben sind, habe ich die individuellen Verschiedenheiten entweder durch Pfeile angedeutet, die den Sinn solcher Abweichungen vom Verhalten des dargestellten Individuums erkennen lassen, oder sie in Anmerkungen erwähnt. Diese Darstellung des qualitativen Verlaufs der Transpiration eines Individuums ist jedenfalls übersichtlicher als die Darstellung in Tabellenform. Auch kommt dabei das Charak-

teristische, das die Transpiration der verschiedenen Species auszeichnet, besser zum Ausdruck, als dies eine Kurve täte, die aus Durchschnittszahlen von nur drei Werten konstruiert ist.

Die Kurve, die dem Verlaufe des Sättigungsdefizits während der Dauer des Versuchs entspricht, wurde unter Zuhilfenahme einer „rechtsseitigen" Ordinate in das Koordinatenfeld der Transpirationskurven eingetragen, während die Lichtbedingungen unter der Abszissenachse angegeben wurden.

Das Vorhandensein starker individueller Schwankungen der Transpirationswerte zwang mich, die Hauptversuche nur mit wenigen Species vorzunehmen, mit jeder derselben aber eine grössere Zahl von Versuchen auszuführen. Durch die Vergleichung der mit derselben Species durchgeführten Versuche konnte der Einfluss der individuellen Schwankungen auf die Resultate, mit denen ich die Transpiration der verschiedenen Species zu charakterisieren versuchte, auf ein Minimum reduziert werden. Den Versuchen mit andern Pflanzen, die nur wenige Male zur Verwendung kamen, messe ich keine grundlegende Bedeutung bei, und verwendete darum die mit ihnen gewonnenen Resultate nur zur Ergänzung der Hauptversuche.

D. Versuche.

I. Die Transpiration der einzelnen Pflanzen.

Bei der grossen Zahl der angestellten Hauptversuche muss ich mich darauf beschränken, für jede Species einige besonders typische ausführlich zu besprechen. Wo die Resultate der übrigen Versuche Abweichungen zeigten, habe ich diese besonders behandelt.

a) *Oxalis Acetosella.*

Von dieser feuchtigkeitsliebenden Schattenpflanze seien zwei Versuche ausführlich besprochen, deren Ergebnisse dann im Zusammenhang behandelt werden sollen.

Versuch 11 (siehe Fig. 1).

Dieser Versuch wurde unter normalen Bedingungen durchgeführt, wie sie im Abschnitt „Versuchsbedingungen" (p. 181) beschrieben worden sind. Die Transpiration von *Oxalis* wies während der Nacht durchschnittlich 0,5 mgr pro cm^2, also einen ausserordentlich niedrigen Wert auf. Mit dem plötzlichen Anstieg der Beleuchtung von 0 auf 5000 Lux stieg die Transpiration um durchschnittlich 180%, so dass in kurzer Zeit ein relativ

hoher Wert erreicht wurde. In den drei folgenden Versuchsintervallen mit der konstanten Belichtung von 5000 Lux nahm die Transpiration nur noch um kleine Mengen zu.

Zu dieser Transpirationskurve bildet die Kurve des Sättigungsdefizits einen starken Gegensatz, indem diese im vierten Intervall sinkt (Fig. 1) und im fünften wieder steigt, dabei aber das im dritten Intervall erreichte Maximum (S. D. 11,4) nicht mehr erreicht. Die Maxima der Transpiration und des S. D. fallen also nicht zusammen; somit kann eine Abhängigkeit der Transpiration vom S. D., bei der dessen höhere Werte im allgemeinen auch eine stärkere Transpiration zur Folge hätten, hier nicht festgestellt werden. Die Transpirationssteigerung im vierten Intervall dürfte auf die allmähliche Erwärmung des Bodens oder auf eine Steigerung der Blattemperatur zurückzuführen sein, also auf Faktoren, deren transpirationsfördernde Wirkung bekannt ist, die aber in meinen Versuchen leider nicht berücksichtigt werden konnten. Der um 13.30 vorgenommenen Herabsetzung der Lichtintensität auf 1000 Lux entsprach ein starkes Sinken der Transpiration, das sich ungeachtet eines kurzen Steigens des S. D. in den folgenden drei Stunden, bei zwei von drei Individuen, fortsetzte. In der darauffolgenden Nacht sank die Transpiration von *Oxalis* wie das S. D. bis zum Morgen wieder auf das in der ersten Nacht beobachtete Minimum.

Am zweiten Morgen wurden die Wägungen alle 30 Minuten durchgeführt. Mit der Einwirkung von 5000 Lux stieg auch die Transpiration in gleichem Masse wie am Vortage, sank dann im zweiten Intervall in zwei von drei Fällen deutlich (die Ausnahme ist durch den Pfeil, der steigt, markiert), und stieg späterhin über das anfängliche Maximum hinaus, und zwar dies alles bei starkem Anstieg des S. D.'s.

Versuch 12 (siehe Tabelle 1 und Fig. 2).

Dieser Versuch bildete eine Wiederholung des vorigen, jedoch bei veränderten Feuchtigkeitsverhältnissen. Das S. D. zeigte nämlich einen ununterbrochenen Anstieg, welcher anfänglich wenig steil war, dann aber bis zum hohen Maximum von 16,9 zunahm, das erst im letzten Intervall bei einer Beleuchtung von 5000 Lux erreicht wurde. Dann sank das S. D. ebenfalls ununterbrochen und stieg am nächsten Morgen infolge starker Belichtung noch einmal steil an.

Fig. 2 lässt erkennen, dass die Transpiration von *Oxalis* in Versuch 12 sich im allgemeinen ähnlich wie in Versuch 11 (Fig. 1) verhielt. Weiterhin zeigt sie aber, dass der am Schlusse der Be-

Tabelle 1. Versuch 12. 3./4. VI. 24.

Versuchs-Intervall	*Oxalis Acetosella*						*Hieracium Pilosella*						Aussen-Bedingungen	
	1. Expl.		2. Expl.		3. Expl.		1. Expl.		2. Expl.		3. Expl.			
Nr.	G.[1]	T.[2]	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	Lux	S.D.[3]
														ASD 4,3
1	70	0,12	100	0,14	135	0,18	564	2,1	268	2,8	837	2,4	0	4,3
2	26	0,64	34	0,65	39	0,72	166	7	74	10,1	225	8,8	5000	5,9
3	20	0,49	35	0,65	36	0,66	146	7,1	69	9,4	203	7,8	„	6,4
4	21	0,52	39	0,72	45	0,81	128	6,1	68	9,3	181	6,9	„	9,2
5	28	0,69	43	0,78	52	0,95	102	6	44	5,9	156	6,0	„	14,6
6	68	0,84	93	0,85	136	1,2	193	4,5	113	7,8	331	6,4	„	16,9
7	20	0,49	20	0,37	27	0,49	40	2,1	23	3,1	77	2,9	1000	9,9
8	20	0,52	15	0,28	46	0,84	36	1,8	24	3,4	69	2,7	„	9,6
9	18	0,42	17	0,31	42	0,78	36	1,6	25	3,3	70	2,6	„	9,2
10	10	0,24	11	0,2	30	0,54	29	1,4	19	2,6	57	2,2	0	8,0
11	76	0,12	98	0,1	248	0,3	420	1,3	213	1,9	689	1,8	„	3,3
12	13	0,32	10	0,16	27	0,5	39	1,8	20	2,6	77	5,8	5000	8,5
13	12	0,29	12	0,2	24	0,44	27	1,3	2,4	3,3	66	4,6	„	9
14	15	0,37	—	—	27	0,46	30	1,4	2,4	3,3	60	4,6	„	11,1

Anmerkung. [1]) G. = Gewichtsverlust in mgr. — [2]) T. = auf 1 Stunde und 1 cm² einfache Blattfläche reduzierter Transpirationswert. — [3]) S. D. = Sättigungsdefizit am Schluss des Versuchsintervalls; das anfängliche S. D. ist unter A. S. D. angegeben. Obige Anmerkungen gelten auch für die Tabellen 2, 3 und 4.

handlung von Versuch 11 besprochene Rückgang der Transpiration, eine halbe Stunde nach der Belichtung mit 5000 Lux, hier nicht nur im zweiten belichteten Intervall des II. Tages, und zwar bei allen drei Individuen, sondern auch im zweiten belichteten Intervall des I. Versuchstages in zwei von drei Fällen eingetreten war.

Zusammenfassend kann ich somit sagen, dass die Transpiration von *Oxalis* in erster Linie von der Intensität der Beleuchtung abhängt. Da ein Parallelismus zwischen Transpiration und Sättigungsdefizit nur teilweise besteht, weil die Transpiration sowohl in ihrem auf- wie absteigenden Ast gewisse Abweichungen vom Verlaufe des S. D. aufweist, welche als Reizreaktionen (Nicolic, siehe p. 203) aufgefasst werden können, wage ich nicht, bei *Oxalis* auf eine Abhängigkeit der stomatären Transpiration vom S. D. zu schliessen.

b) *Alyssum montanum.*

Die ersten zwei der im folgenden beschriebenen Versuche lassen das Verhalten der Transpiration von *Alyssum* bei starkem, die beiden letzten Versuche dagegen bei schwachem Licht erkennen.

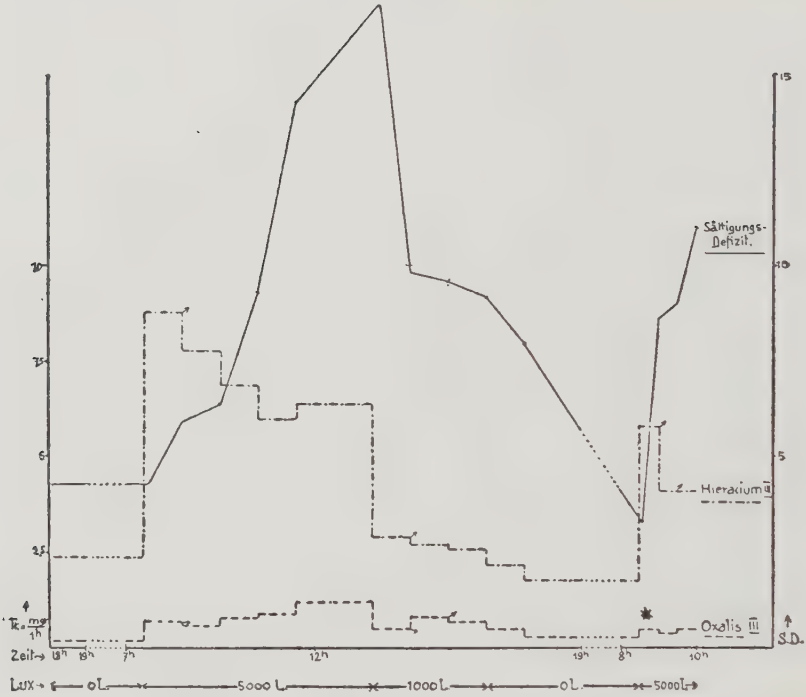

Fig. 2. Die Transpiration von *Oxalis Acetosella* Nr. 3 und *Hieracium Pilosella* No. 3. Versuch 12. 3./4. VI. 1924.

Anmerkung: *: siehe Fig. 1, *2.

Versuch 22 (siehe Tabelle 2).

Der Versuch wurde am ersten Tag in trockener, am zweiten in feuchter Luft durchgeführt. Während der ersten Nacht transpirierte *Alyssum* im Dunkeln durchschnittlich 2,3 mgr pro cm². In der zweiten Versuchsstunde nach Belichtung mit 5000 Lux stieg die Transpiration auf das Doppelte und dann noch weiterhin stark an, und erreichte im vierten Intervall beim grössten S. D. von 26 ihr Maximum mit 12,4 mgr. Wenn auch in diesem dreistufigen und im grossen und ganzen gleichmässigen Anstieg ein Parallelismus mit der Kurve des S. D., die ebenfalls sehr regelmässig verläuft, unschwer zu erkennen ist, so lässt sich aus den genauen Transpirationszahlen feststellen, dass die Zunahme der Transpiration im 3. Intervall bei allen drei Pflanzen ein wenig kleiner war als die Zunahme im vorangehenden und im folgenden Intervall. Da der äusserst gleichmässige Anstieg des S. D. diesen relativen Rückgang der Transpiration, welcher offenbar auf einen innern Widerstand der Pflanze gegen eine Transpirations-

Tabelle 2. Versuch 22. 24./25. I. 25.

Versuchs-Intervall	*Alyssum*						*Hieracium*						Aussen-Bedingungen	
	1. Expl.		2. Expl.		3. Expl.		1. Expl.		2. Expl.		3. Expl.			
Nr.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	Lux	S. D.
I. Tag														A.S.D. 14,6
1	472	1,95	501	2,1	901	2,8	560	3,4	549	3,1	713	3,8	0	11
2	68	4,4	79	5,2	120	5,9	54	5,1	56	4,9	81	6,7	5000	15,3
3	104	6,8	117	7,7	163	8,1	54	5,1	59	5,2	81	6,7	„	21
4	502	10,9	586	12,8	827	13,6	265	8,4	315	9,2	—	—	„	26,3
II. Tag														A.S.D. 5,7
1	235	0,95	273	0,97	424	1,28	392	1,4	344	1,1	381	1,2	0	5
2	52	3,4	52	3,5	78	3,9	58	5,5	52	4,5	81	6,9	5000	9
3	48	3,1	51	3,4	76	3,8	60	5,7	54	4,7	58	4,8	„	9,8
4	92	3	102	3,4	132	3,3	117	5,5	95	4,1	116	4,8	„	„
5	49	3,1	52	3,4	65	3,2	44	4,2	43	3,7	40	3,2	1000	10,5
6	39	2,5	48	3,2	61	3	55	5,2	43	3,7	44	3,7	„	9,4

Anmerkung. Dieser Versuch wurde zwischen dem I. und II. Tag unterbrochen.

steigerung zurückgeht, nicht erklärt, so muss dieser relative Rückgang der Transpiration, gerade wie die absoluten Rückgänge, die bei der Transpiration von *Oxalis* aufgetreten waren, auf eine andere, vorderhand noch unbekannte Ursache zurückgeführt werden. Darauf werde ich in einem späteren Abschnitt zurückkommen.

In der zweiten Nacht, in welcher das S. D. nur halb so gross war als in der ersten, betrug die Transpiration nur 1,1 mgr statt 2,3 mgr. Mit Eintritt der Belichtung von 5000 Lux stieg die Transpiration zuerst rasch an und sank dann während der zwei folgenden Intervalle trotz Konstanz des S. D. wieder schwach ab. Da die Transpiration in der nachfolgenden Versuchsstunde gleich hoch blieb, und zwar trotz der Herabsetzung der Beleuchtung auf 1000 Lux, so ist eine „Ermüdung" der Pflanze ausgeschlossen. Vielmehr könnte dieses Verhalten so gedeutet werden, dass für die Transpiration von *Alyssum* bei geringer Lichtstärke, die in meinen Versuchen mit kleinem S. D. verbunden war, der Feuchtigkeitsgrad der Luft den Ausschlag geben kann; damit würde auch der Verlauf des S. D. in den letzten zwei Intervallen stimmen.

Versuch 27 (siehe Fig. 3. Versuch vom 26.—28. Nov. 1925).

In diesem Versuch liess ich Perioden von Dunkelheit und Belichtung mit 5000 Lux abwechseln. Das Sättigungsdefizit

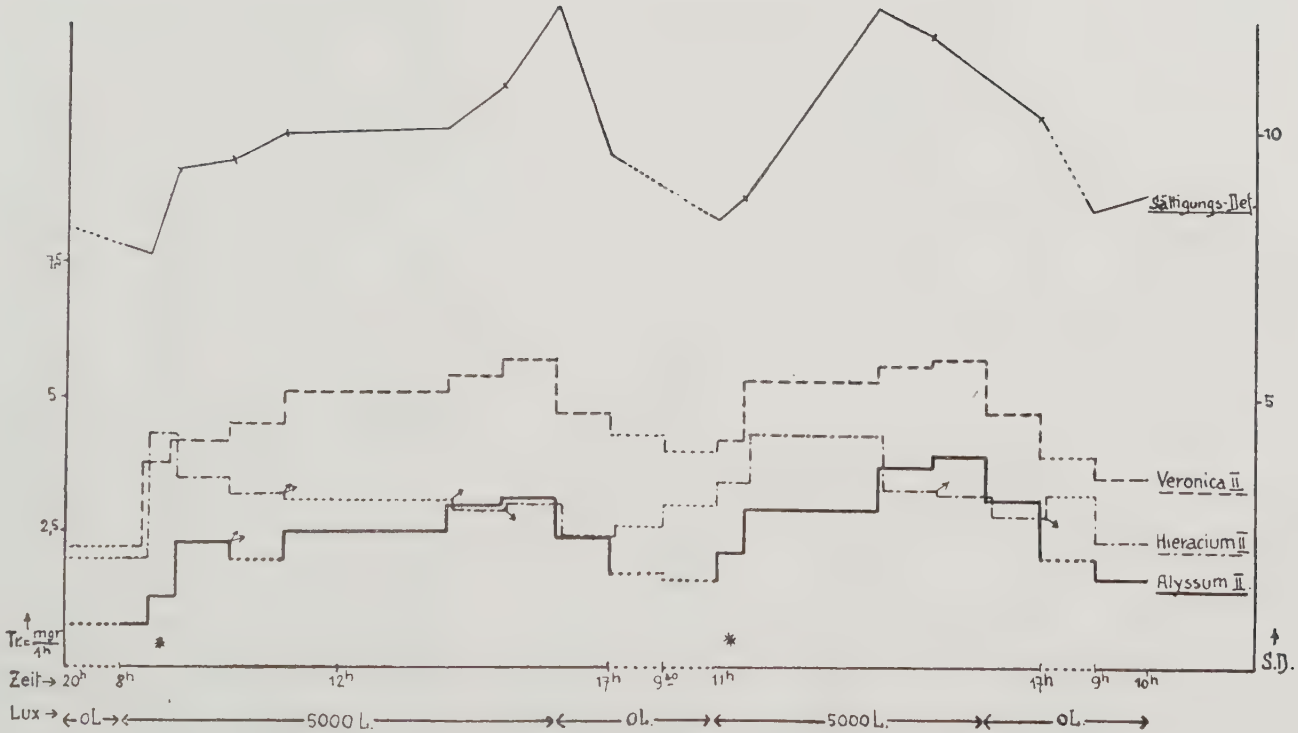

Fig. 3. Die Transpiration von *Alyssum montanum*, *Veronica Beccabunga* und *Hieracium Pilosella*.

wies nach dem Tiefstand von 7,7 um 8.46 einen Anstieg bis 9,2 auf, der sich aber zunächst nur mit kleinen Zunahmen fortsetzte und erst im letzten Intervall das Maximum (12,3) erreichte. Nachher fiel es in der ersten Stunde der Verdunkelung rasch auf 9,5 und bis zum folgenden Morgen auf das Minimum von 8,3. Hierauf erfolgte ein erst langsamer, später stärkerer Anstieg; dann blieb es während zwei Intervallen gleich hoch und fiel im ersten verdunkelten Intervall wieder rasch ab.

Die Transpirationskurve von *Alyssum* zeigt einen gleichsinnigen Verlauf wie die Kurve des S. D., indem sie stets steigt, wenn dieses zunimmt und umgekehrt. Ein völliger Parallelismus besteht jedoch nicht, indem die Stundenwerte der Transpiration bisweilen starke Unterschiede aufweisen, wenn sich das S. D. nur wenig geändert hat und umgekehrt. So reagierte *Alyssum* auf die anfänglich starke Zunahme des S. D. von 8 auf 10 nur mit einer schwachen Zunahme der Transpiration; diese erhöhte sich indessen bedeutend trotz der fast völligen Konstanz des S. D. im 5. Intervall, stieg dagegen im folgenden Intervall bei stark steigendem S. D. nur unbedeutend. Nach dem Übergang von 5000 Lux zur Dunkelheit fiel die Transpiration in zwei grossen Stufen ab. Ob hier in erster Linie die Ausschaltung des Lichts oder die Abnahme des S. D. das Sinken der Transpiration hervorgerufen hat, kann ich nicht entscheiden. Am zweiten Tage fällt die Tatsache auf, dass die Transpiration trotz annähernder Konstanz des S. D. noch schwach anstieg. Diese hier sich geltend machende Unabhängigkeit der Transpiration vom S. D. könnte darauf zurückgeführt werden, dass unter dem Einfluss der andauernden Belichtung sowohl die Temperatur von Erde und Wurzeln als auch die der Blätter gestiegen ist, wenn nicht innere Faktoren den Ausschlag gegeben haben. Bei Abwesenheit von Licht tritt hingegen der Einfluss des Feuchtigkeitsfaktors deutlich hervor, wie dies der Vergleich der Transpiration in der ersten und in der zweiten Nacht zeigt.

Versuch 20 (siehe Tabelle 3).

Dieser Versuch zeigt, dass eine geringe Erhöhung der Lichtintensität von 0 auf 1000 Lux nur einen geringen Anstieg der Transpiration von *Alyssum* zur Folge hatte, der im zweiten und dritten Intervall in zwei niedrigen Stufen zum Ausdruck kam, während die in der vierten Stunde einsetzenden 5000 Lux die Transpiration fast aufs doppelte steigen liessen. Der zweite Teil des Versuchs zeigt denselben Anstieg der Transpiration gleich nach dem Übergang von Dunkelheit zu Licht (5000 Lux) und weist in der Folge bei konstant intensiver Belichtung und steigendem Defizit einen

Tabelle 3. Versuch 20. 27./28. XI. 24.

Versuchs-Intervall	*Alyssum*				Aussen-Bedingungen	
	G. I[2])	T. I.	G. II.	T. II.	Lux	S. D.
I. Tag 1	417	1,7	857	1,8	0	7,8
2	68	1,8	53	2	1000	8,6
3	78	1,9	60	2,1	„	9,3
4	428	3,7	330	3,9	5000	10,8
						A.S.D. 6,9
II. Tag 1	158	0,7	267	1,7	0	7,4
2	42	1,5	63	2,91	5000	10,1
3	56	1,46	84	2,88	„	10,4
4	48	1,62	66	3	„	11,2

Anmerkungen. [1]) In Versuch 20 kamen ausnahmsweise keine Hieracien zur Untersuchung. — [2]) Von Alyssum wurden nur 2 Exemplare (entsprechend G. I. und G. II. resp. T. I. und T. II.) verwendet.

absoluten Abfall der Transpiration auf, wie ihn Fig. 2 für *Oxalis* zeigt.

Versuch 23 (siehe Fig. 4).

Auch dieser Versuch wurde in zwei Teilen durchgeführt. Der erste diente der Untersuchung der Einwirkung schwachen, der zweite der Untersuchung des Einflusses starken Lichtes auf die Transpiration.

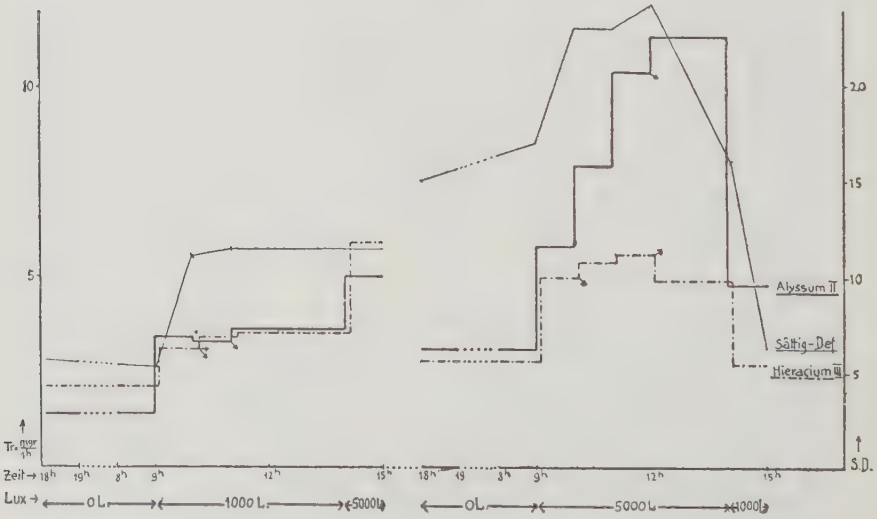

Fig. 4. Die Transpiration von *Alyssum montanum* No. 2 und von *Hieracium Pilosella* No. 3. Versuch 23. 10./11. II. 1926.

Die Transpiration, die in der Dunkelheit durchschnittlich 1,35 mgr pro cm^2 betragen hatte, stieg selbst bei der Einwirkung der geringen Intensität von 1000 Lux in der zweiten Stunde um 200—250% an, dann aber ging sie trotz leichtem Anstieg des S. D. ein wenig zurück, erhöhte sich aber wieder. Die Erhöhung der Beleuchtung auf 5000 Lux im fünften Intervall hatte einen deutlichen Anstieg der Transpiration zur Folge.

Dass die Transpiration während der zweiten Nacht den relativ hohen mittleren Wert von 3 mgr pro cm^2 erreichte, ist darauf zurückzuführen, dass das S. D. im Vergleich zu demjenigen der ersten Nacht bedeutend höher lag. Nach der Belichtung mit 5000 Lux, die das S. D. zuerst steil, dann langsamer ansteigen liess, stieg auch die Transpiration, und zwar regelmässig, zu hohen Werten an, obwohl das S. D. einen ungleichmässigen Anstieg aufwies. Im vorletzten Intervall bei 5000 Lux setzte ich den Ventilator in Betrieb, um die trockene Luft des Laboratoriums durch eine feuchtere zu ersetzen. Obwohl das S. D. von 24,3 auf 16,3 fiel, zeigte die Transpiration trotzdem noch eine Zunahme. Ob diese durch die vom Ventilator bewirkte Luftbewegung bedingt war, oder ob andere Ursachen wirkten, konnte ich nicht entscheiden. Die Herabsetzung des Lichtes auf 1000 Lux hatte eine beträchtliche Abnahme der Transpiration zur Folge.

Die Ergebnisse der mit *Alyssum* angestellten Versuche lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Die Transpiration von *Alyssum* ist in erster Linie von der Lichtintensität abhängig. Bei Abwesenheit von Licht macht sich ein deutlicher Einfluss des S. D. geltend. Doch auch bei Beleuchtung ist zuweilen ein Einfluss des S. D. auf die Transpiration von *Alyssum* nachweisbar. Dies geht nicht nur aus dem annähernden Parallelismus der Kurven des S. D. und der Transpiration hervor, sondern auch aus dem Vergleich der Transpiration in verschiedenen Versuchen. So zeigt Versuch 27 (Fig. 3) bei 5000 Lux bedeutend kleinere Transpirationswerte als Versuch 22 (Tab. 2) bei derselben Lichtintensität, was allein auf die gegenüber den in Versuch 22 viel kleineren Sättigungsdefizite zurückzuführen ist. Immerhin machten sich auch Abweichungen vom erwähnten Parallelismus bemerkbar, indem in einem Falle (Tab. 3) ein durch das S. D. unerklärbarer, absoluter Rückgang, im andern Falle (Fig. 4, II. Tag) wenigstens ein relativer Rückgang der Transpiration festgestellt werden konnte. Die Ursachen dieser Erscheinung werde ich später (Seite 201) diskutieren. Bei der geringen Lichtstärke von 1000 Lux, macht sich der Einfluss des S. D. ebenfalls geltend. So zeigt Versuch 20 (Tab. 3), dass bei einem geringen Ansteigen des S. D.

von 7 auf 9,3 die Transpiration kaum über die in der Dunkelheit sich ergebende Quote gestiegen ist, während in Versuch 23 (Fig. 4), (ebenfalls 1000 Lux) mit der ausgiebigen Schwankung des S. D. von 5,2 auf 11 sich auch ein im Verhältnis zur geringen Lichtstärke kräftiger Transpirationsanstieg eingestellt hat.

c) Veronica Beccabunga.

Von den sechs mit *Veronica Beccabunga* angestellten Versuchen sollen hier drei besprochen werden, wovon der eine bei grösserer, die beiden andern bei geringerer Luftfeuchtigkeit durchgeführt wurden.

Versuch 5 (siehe Fig. 5).

Dieser Versuch wurde unter den auf Seite 181, beschriebenen Bedingungen durchgeführt.

Beim Übergang von Dunkelheit in Licht von 5000 Lux stieg die Transpiration, die ich ausnahmsweise durch halbstündige Wägungen bestimmte, um durchschnittlich 95% an, zeigte dann

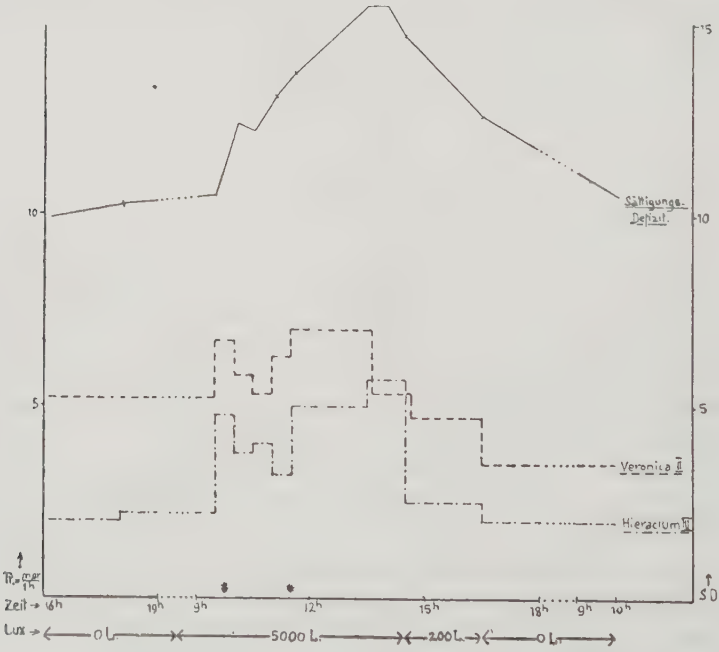

Fig. 5. Die Transpiration von *Veronica Beccabunga* No. 2 und von *Hieracium Pilosella* No. 3. Versuch 5. 7./8. I. 1925.
Anmerkung * : siehe Fig. 1, *2.

aber schon in der zweiten halben Stunde einen Rückgang, der sich im dritten Intervall noch verstärkte. Dieser Abfall der Transpiration kann nicht etwa auf den in der zweiten halben Stunde erfolgten kleinen Rückgang des S. D. zurückgeführt werden, da ja dieses bereits im folgenden Intervall stark stieg, die Transpiration hingegen weiterhin fiel. Dann erst stieg die Kurve der Transpiration parallel mit derjenigen des S. D. und fiel später auch wieder mit dieser. Zum Abschluss des Versuches setzte ich die Lichtstärke während zwei Stunden auf 1000 Lux herab und verdunkelte dann. Schon das schwache Licht brachte die Verdunstung von *Veronica Beccabunga* stark zum Sinken.

In diesem Versuch mit starkem Licht (5000 Lux) zeigt die Transpiration nur in den spätern Intervallen von 11.00—14.30 einen gleichsinnigen Verlauf wie das S. D., während in den ersten Versuchsintervallen (10.30—11.00) trotz Konstanz des Lichtes und trotz Anstieg des S. D. zuerst stets eine starke Zunahme und dann eine Abnahme der Transpiration eintritt. Eine Abhängigkeit der Transpiration vom S. D. ist somit nicht vorhanden.

Versuch 27 (siehe Fig. 3, p. 190).

In diesem Versuch lässt der annähernde Parallelismus zwischen den Kurven der Transpiration und der des S. D. zunächst auf eine Abhängigkeit der Transpiration vom S. D. schliessen. Eine genauere Betrachtung des Kurvenverlaufes zieht aber diese Abhängigkeit alsobald wieder in Zweifel. Denn einerseits stieg die Transpiration am zweiten Versuchstage selbst noch in der dritten und vierten Stunde der Belichtung weiterhin an, obwohl das S. D. leicht sank. Anderseits stieg die Transpiration am ersten Versuchstage im sechsten Intervall nur sehr mässig, obwohl zu dieser Zeit das S. D. am stärksten stieg. Das Verhalten am zweiten Tag kann durch die Annahme erklärt werden, dass *Veronica Beccabunga* auf die Einwirkung starken Lichtes relativ langsam reagiert. Es wäre aber auch denkbar, dass diese Zunahmen der Transpiration durch eine Erhöhung der Blatt- sowie der Bodentemperatur verursacht waren, beides Folgen andauernder Belichtung. Das Verhalten am ersten Tage braucht uns nicht zu wundern, weil die Pflanzen bereits während fünf Stunden stark transpiriert hatten, so dass sich in ihren Geweben ein gewisses Defizit an Wasser kann geltend gemacht haben.

Versuch 25 (siehe Tab. 4).

Dieser Versuch, der sich gegenüber den Versuchen 5 (Fig. 5) und 27 (Fig. 3) durch ausserordentlich niedrige Sättigungs-Defizite

Tabelle 4. Versuch 25. 9./10. V. 25.

Versuchs-Intervall	*Veronica*						*Hieracium*						Aussen-Bedingungen	
	1. Expl.		2. Expl.		3. Expl.		1. Expl.		2. Expl.		3. Expl.			
Nr.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	G.	T.	Lux	S. D.[1])
														A.S.D. 5
1	478	3,1	690	4,05	574	2,5	681	1,5	966	2,1	931	2,1	0	5,1-3,1
2	72	6,9	84	7,4	90	5,8	80	2,6	88	2,8	88	2,8	5000	3,4
3	101	9,6	101	9,4	134	8,5	98	3,2	92	2,83	114	3,6	„	3,9
4	94	9,1	96	8,5	125	8,4	79	2,6	85	2,7	99	3,2	„	3,6
5	251	11,7	291	13	380	11,9	168	2,7	238	3,7	190	3	„	3,0
6	79	7,5	87	7,5	97	6	41	1,3	86	2,7	64	2	1000	7,0
7	70	6,65	77	6,6	87	5,5	36	1,2	73	2,3	62	1,9	„	5,0
8	59	5,4	64	5,4	65	4,1	24	0,79	50	1,6	44	1,4	0	6,1
9	33	3,1	49	4,2	46	2,9	23	0,75	40	1,3	47	1,5	„	3,9
10	98	9,3	136	11,7	138	9	71	2,3	101	3,2	63	2	5000	7,9

Anmerkung. [1]) Sind 2 S. D. angegeben, so ist das erste das am Anfang, das zweite das am Ende des Versuchsintervalls festgestellte. Ist nur eines angegeben, so ist dies das am Schluss festgestellte S. D.

auszeichnet, lässt die in Versuch 27 vermutete, sich auf mehrere Stunden erstreckende langsame Reaktion von *Veronica* auf Belichtung deutlich erkennen. Um 8 Uhr belichtete ich die vorher verdunkelten Pflanzen mit 5000 Lux, setzte aber gleichzeitig durch Befeuchten der Luft das S. D. stark herab. Die Transpiration stieg nun unter dem Einfluss der Belichtung nicht nur in der ersten Stunde, sondern auch noch in der zweiten, obwohl das S. D. gegenüber der vorausgegangenen Dunkelperiode stark abgenommen hatte. Erst in der dritten Stunde vermochte die weitere Abnahme des S. D. die Transpiration zu senken. Diese stieg dann allerdings über die Mittagsstunden wieder an, offenbar weil sich infolge der Belichtung das S. D. erhöht hatte. Die Herabsetzung der Lichtintensität auf 1000 Lux und nach weiteren zwei Intervallen die vollständige Verdunklung verursachte eine fortgesetzte Abnahme der Transpiration, ohne dass diese auf eine Schwankung des S. D. reagiert hätte. Während nämlich das S. D. zwischen 14 und 15 Uhr anstieg, nahm die Transpiration stetig ab. Auch hier ist der Abfall der Transpiration in der zweiten Stunde bei 1000 Lux offenbar als Wirkung der Herabsetzung der Lichtintensität von 5000 auf 1000 Lux aufzufassen.

Zusammenfassend kann ich somit sagen, dass es die Lichtintensität ist, die die Transpiration von *Veronica Beccabunga* aufs stärkste beeinflusst. Lässt Versuch 27 (Fig. 3) eine Abhängigkeit der Transpiration vom S. D. als zweifelhaft erscheinen, so kann

eine solche weder in Versuch 5 (Fig. 5), noch in Versuch 25 (Tab. 4) nachgewiesen werden. Ein allmählicher Anstieg der Transpiration bei fallendem S. D. ist offenbar auf eine sich noch während mehrerer Stunden geltend machende Wirkung des Lichtes zurückzuführen. Das Vorhandensein einer direkten Abhängigkeit der Transpiration vom S. D. muss für *Veronica* bestritten werden.

d) Hieracium Pilosella.

Aus der grossen Zahl der Versuche, die mit *Hieracium* durchgeführt wurden, bespreche ich im folgenden nur Versuch 12, der das typische Verhalten der Transpiration von *Hieracium* zeigt, während von einigen andern Versuchen nur Ausschnitte angeführt werden sollen, die die Resultate von Versuch 12 ergänzen.

Versuch 12 (siehe Tab. 1, p. 187, und Fig. 2, p. 188).

Während der ersten Nacht transpirierte *Hieracium* durchschnittlich 2,4 mgr Wasser pro Stunde und wies dann nach Belichtung mit 5000 Lux eine um 250% höhere Transpiration auf. Das Kurvenbild zeigt also einen überaus steilen Anstieg, der, was hier vorausgeschickt werden soll, in fast allen Versuchen mit *Hieracium* auftrat, somit für diese Pflanze charakteristisch ist. Während der folgenden drei Stunden fiel die Transpiration trotz gleicher Beleuchtungsintensität gleichmässig ab und zeigte erst im sechsten Intervall bei fortwährendem Anstieg des S. D. eine kleine Zunahme.

Die Herabsetzung der Lichtstärke von 5000 auf 1000 Lux verursachte einen scharfen Abfall der Transpiration, worauf diese in den folgenden drei Stunden bei gleicher Beleuchtung weiterhin langsam abnahm und schliesslich in der Dunkelheit der zweiten Nacht ungefähr den Wert des Minimums der vorhergehenden Nacht erreichte. Am folgenden Morgen wurde der Versuch unter halbstündigen Wägungen fortgesetzt. Nach Beleuchtung mit 5000 Lux ergab sich wiederum ein starker Anstieg der Transpiration im ersten Intervall, im zweiten aber trotz Konstanz der Lichtintensität und andauerndem Anstieg des S. D. eine Abnahme. Erst im dritten Intervall vermochte die Transpiration auf der im zweiten erreichten Höhe zu bleiben oder sogar noch ein wenig anzusteigen. Dass der während der zweiten Stunde nach Belichtung mit 5000 Lux eintretende starke Rückgang der Transpiration für *Hieracium* typisch ist, bestätigt unter vielen andern Versuchen auch Versuch 11 (Fig. 1, p. 184), der in der ersten Stunde nach der plötzlichen Be-

lichtung einen starken Anstieg, in der zweiten Stunde einen Rückgang und in der dritten nochmals einen Anstieg der Transpiration aufweist.

Diese Unabhängigkeit der Transpiration vom Verlauf der Kurve des S. D. wird durch Ergebnisse der Versuche 22 (Tab. 2) und 25 (Tab. 4) bestätigt, die unter Bedingungen, welche denen der eben besprochenen Versuche entgegengesetzt waren, auch entgegengesetzte Resultate zeitigten. So zeigt Versuch 25 im zweiten mit 5000 Lux belichteten Intervall ein Steigen der Transpiration bei gleichzeitigem Fallen des S. D., Versuch 22, II. Teil, dasselbe bei Konstanz des Sättigungs-Defizits.

Alle besprochenen Versuche lassen somit übereinstimmend erkennen, dass bei *Hieracium* eine Abhängigkeit der Transpiration vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Lichte nicht beobachtet werden kann. Nur selten liess sich ein gewisser Parallelismus zwischen der Grösse des S. D. und der Höhe der Transpiration feststellen, und zwar nicht einmal stets in der Dunkelheit. So zeigt der zweite Teil des 11. Versuches bei einer konstanten Beleuchtung von 1000 Lux ein andauerndes regelmässiges Absinken der Transpiration, obwohl das S. D. im zweiten Intervall stieg und im dritten konstant blieb. In Versuch 27 (Fig. 3) wurde die nächtliche Transpiration zweimal in je drei aufeinanderfolgenden Intervallen bestimmt. Beide Male ergab sich im mittleren Intervall trotz dem Sinken des S. D. ein Anstieg der Transpiration.

Die Ergebnisse der mit *Hieracium Pilosella* durchgeführten Versuche lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Die Transpiration von *Hieracium* zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Lichtintensität. Nach plötzlichem Übergang aus dem Dunkeln in eine Lichtintensität von 5000 Lux stieg die Transpiration sprungweise zu einem hohen Werte an, fiel dann bedeutend ab, stieg aber späterhin wieder an. Eine Abhängigkeit der Transpiration vom S. D. ist nicht vorhanden.

II. Die Unterschiede der Transpiration bei den untersuchten Species.

a) Verlauf der Transpiration in Abhängigkeit vom Wechsel der äussern Faktoren.

Vergleichen wir die für die einzelnen Pflanzenspecies gewonnenen Ergebnisse miteinander, so lassen sich einerseits für jede einzelne Pflanzenart charakteristische Merkmale, anderseits mannigfache Unterschiede in der Transpiration der verschiedenen Species feststellen.

Bei starker Belichtung (5000 Lux) und steigendem Sättigungs-Defizit unterscheidet sich die Transpiration von *Alyssum montanum* von derjenigen der übrigen untersuchten Arten durch ihr während mehrerer Stunden gleichmässiges und nachhaltiges Ansteigen; ein Rückgang der Transpiration, wie er bei *Hieracium* stets eintritt, kommt nur selten, und dann relativ schwach zur Geltung. Demgegenüber zeigt die Transpiration von *Hieracium Pilosella*, *Oxalis Acetosella* und *Veronica Beccabunga* einen ungleichmässigen Verlauf, indem sie den durch die plötzliche Belichtung verursachten Anstieg meist schon nach ein oder zwei Stunden unterbricht und merklich zu sinken beginnt.

Unter den zuletzt erwähnten Pflanzen unterscheidet sich *Hieracium* von *Oxalis* und *Veronica* durch die Stärke und die Dauer des Abfalls der Transpiration. Dieser ist sowohl bei *Oxalis* als auch bei *Veronica* immer nur während einer Stunde nachzuweisen; bei *Hieracium* kann er dagegen drei Stunden dauern. Ein lang andauerndes sich auf mehrere Stunden erstreckendes Sinken der Transpiration bei langsamem Anstieg des S. D. kann also für *Hieracium* als typisch angesehen werden. Weiterhin ist diese Pflanze durch das grosse Ausmass ihres Transpirationsrückganges charakterisiert. Bei dieser Vergleichung der verschiedenen Versuchspflanzen auf Grund des Verlaufs ihrer Transpiration ergeben sich zwischen *Oxalis* und *Veronica* keine Differenzen, da beide auf Änderung des Lichtes und des S. D. prinzipiell gleich reagieren.

Bei Beleuchtung mit nur 1000 Lux scheinen sich die vier Species durch den Verlauf ihrer Transpiration nicht von einander zu unterscheiden, da unter dem Einfluss dieser schwachen Beleuchtung die Transpiration bei allen vier Species meist dauernd abnahm.

In der Dunkelheit stimmt der Verlauf der Transpiration von *Oxalis*, *Veronica* und *Alyssum* insofern überein, als er vom S. D. unmittelbar abhängig ist. Bei *Hieracium* ist dies jedoch nicht immer der Fall.

b) Zunahme der Transpiration in der ersten Stunde der Belichtung mit 5000 Lux.

Im folgenden soll die Transpiration meiner Versuchspflanzen auf Grund der Zunahme der Transpiration in der ersten Stunde der Belichtung mit 5000 Lux nach vorausgehender Verdunklung untereinander verglichen werden. Zu diesem Zweck habe ich

diese Zunahme in Prozenten desjenigen Transpirationswertes ausgedrückt, den ich bei den verdunkelten Pflanzen im letzten Intervall unmittelbar vor der Belichtung erhalten hatte. Alle in den Tabellen 5, 6 und 7 (p. 201) angegebenen Prozentzahlen sind Mittel der drei gleichzeitig untersuchten Individuen. Da ich bei jedem dieser Versuche gleichzeitig, also unter genau denselben äussern Bedingungen auch die Transpiration von drei Individuen von *Hieracium* untersucht habe, darf ich die bei den andern Pflanzen erhaltenen Werte mit denjenigen von *Hieracium* direkt vergleichen. Die Angabe des jeweilen festgestellten S. D. lässt erkennen, ob dieses die Transpiration in erkennbarer Weise beeinflusst hat.

Tabelle 5. *Veronica Beccabunga.*

Versuch Nr.	Prozentuale Zunahme der Transpiration.	Anstieg des S. D.
	Veronica *Hieracium*	
1. 5	95% < 225%	von 10 auf 12
2. 27 II. Tag	10% < 20%	„ 9 „ 12
3. 21	70% < 90%	„ 8,7 „ 9,1
4. 27 I. Tag	75% < 95%	„ 7 „ 9
5. 23	110% > 45%	„ 5 „ 4

In vier von fünf Fällen zeigt also *Veronica* einen deutlich schwächeren Anstieg der Transpiration als *Hieracium*. Die von Versuch 23 gebildete Ausnahme kann ohne weiteres dem ausnahmsweise tiefen S. D. 5—4 zugeschrieben werden. Da aber die S. D. in Versuch 21 und 27, erster Tag, ebenfalls als niedrig bezeichnet werden müssen, so darf gesagt werden, dass *Veronica* sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Sättigungs-Defiziten einen geringeren Anstieg der Transpiration zeigt als *Hieracium*. Nur bei sehr geringem S. D. ist der Anstieg grösser als bei *Hieracium*.

Tabelle 6. *Alyssum montanum.*

Versuch Nr.	Prozentuale Zunahme der Transpiration.	Anstieg des S. D.
	Alyssum *Hieracium*	
1. 23	105% = 105%	von 15 auf 17
2. 22 I. Tag	125% > 60%	„ 11 „ 12
3. 27 II. Tag	30% > 20%	„ 9 „ 12
4. 27 I. Tag	50% < 95%	„ 7 „ 9
5. 22 II. Tag	240% < 360%	„ 5 „ 10

Diese Zusammenstellung zeigt, dass *Alyssum* bei relativ niedrigem S. D. von 5—10 und 7—9 (Versuch 22, II, und 27,I) einen grösseren, bei relativ höherem S. D. von 11—12 (Versuch 22, I) und von 9—12 (Versuch 27, II) einen kleineren Anstieg seiner Transpiration aufweist als *Hieracium*. Weshalb Versuch 23, der beim grössten S. D. bei beiden Arten gleich grosse prozentuale Zunahme der Transpiration ergeben hat, aus den übrigen Versuchen herausfällt, kann ich nicht angeben.

Tabelle 7. *Oxalis Acetosella.*

Versuch Nr.	Prozentuale Zunahme der Transpiration.	Anstieg des S. D.
	Oxalis *Hieracium*	
11	180% = 180%	von 4 auf 8
16	215% < 270%	„ 4 „ 6
18	360% > 250%	„ 3 „ 6

Da *Oxalis* bald denselben, bald einen grössern, bald einen kleineren Anstieg ihrer Transpiration aufweist als *Hieracium* und diese Verschiedenheiten sich nicht durch das S. D. erklären lassen, liegt es am nächsten, diese Unterschiede auf individuelle Verschiedenheiten der Versuchspflanzen zurückzuführen; dies umso mehr, als die Unterschiede der Sättigungs-Defizite nur gering sind. Die Transpiration von *Oxalis* und *Hieracium* zeigt in der ersten Stunde der Belichtung mit 5000 Lux ungefähr die gleiche relative Zunahme.

III. Die Erklärung des Transpirationsrückganges.

Während ich mich im vorigen Abschnitt auf die Beschreibung des Verlaufs der Transpiration beschränkt habe, soll nun eine Erklärung für den häufig beobachteten Rückgang der Transpiration zu geben versucht werden, der sich bei fast allen Versuchen in der zweiten oder dritten Stunde der Beleuchtung trotz Konstanz der Lichtintensität von 5000 Lux und bei gleichzeitigem Anstieg des Sättigungs-Defizits einstellte.

Da die Pflanzen gut bewurzelt waren und der Wassergehalt des Bodens sich seit Beginn der Versuche nicht merklich änderte, lässt sich der Rückgang der Transpiration nicht etwa darauf zurückführen, dass der Pflanze nicht genug Wasser zur Verfügung stand. Dagegen könnte der Rückgang der Transpiration zunächst als Folge einer Erniedrigung des Dampfdruckes im Innern der

Pflanze angesehen werden. Als deren mittelbare Ursache kommt die Öffnung der Spaltöffnungen in Betracht, die in der vorausgehenden Dunkelheit geschlossen waren. Dieser Verschluss der Spalten bedingte eine völlige Sättigung der Intercellularluft mit Wasserdampf. Die durch die Belichtung bewirkte Öffnung der Spaltöffnungen muss aber infolge des gegenüber der Aussenluft bestehenden Dampfdruckgefälles eine Verminderung des Dampfdruckes in der Pflanze veranlassen. Vorher wird sich aber der maximale Dampfdruck, welcher der Sättigung der Intercellularluft entspricht, in einer starken Wasserabgabe geltend machen. Diese setzt den Feuchtigkeitsgehalt der Intercellularluft bis zu einem gewissen Wert herab, welcher vermutlich trotz der Fortdauer der Transpiration einigermassen konstant bleibt. Diese Herabsetzung des Dampfdrucks wird aber auch eine Herabsetzung der Transpiration zur Folge haben.

Es fragt sich nun, ob diese theoretischen Erwägungen den in meinen Versuchen beobachteten Rückgang der Transpiration zu erklären vermögen. Auf Grund meiner eben dargelegten Vorstellungen könnte das anfängliche Maximum der Transpiration durch das plötzliche Austreten des während des Spaltenverschlusses im Dunkeln zustande gekommenen Überschusses an Wasserdampf verursacht sein. In diesem Falle sollte die Differenz zwischen dem Transpirationswert der ersten Stunde mit Belichtung und dem Mittel aus den Transpirationswerten der vorausgegangenen und der nachfolgenden Stunde der Menge des Wasserdampfes annähernd gleich sein, die bei geschlossenen Spaltöffnungen in den Intercellularen vorhanden ist. Diese Menge suchte ich dadurch festzustellen, dass ich das Intercellular-Volumen bestimmte und daraus das Gewicht des Wasserdampfes berechnete, das unter den gegebenen Temperaturbedingungen in den Intercellularen vorhanden sein konnte. Die Rechnung gestaltete sich folgendermassen:

Versuch 8. *Ficaria verna.*

1.	Stündlicher Transpirationswert pro 1 cm^2 in der ersten Stunde der Belichtung	9,18 mgr
2.	Do. in der vorausgegangenen Stunde im Dunkeln	5,15
3.	Do. in der nachfolgenden Stunde im Lichte	7,85
4.	Mittel aus 2. und 3.	6,50 mgr
5.	Differenz von 4. und 1.	2,68 mgr

Die Intercellularen wurden zu 330 mm^3 = ca. $\frac{1}{3}$ cm^3 bestimmt.
Bei 18° wiegt 1 m^3 Wasserdampf = 17 gr (Tabellenwert)
„ 18° „ ca. $\frac{1}{3}$ cm^3 „ = ca. 0,06 = 0,06 mgr

Diese Berechnung ergibt, dass der in den Intercellularen aufgespeicherte Wasserdampf (0,06 mgr) nur etwa den 400. Teil jener Wasserdampfmenge darstellt, die sich als Transpirationsüberschuss (2,68 mgr) der ersten Stunde mit Belichtung ergibt. Daraus muss geschlossen werden, dass das anfängliche Maximum der Transpiration nur zu einem verschwindend kleinen Teil auf dem Austritt des gesättigten Wasserdampfes der Intercellularen beruhen kann. Dasselbe gilt für den Rückgang der Transpiration in der zweiten Stunde, da ja dieser die anfängliche Steigerung der Transpiration zur Voraussetzung hat. Daraus ergibt sich, dass auch die Erniedrigung des Dampfdrucks in der Pflanze den in der zweiten Stunde eintretenden Rückgang der Transpiration nicht erklären kann.

Dass auch das Sättigungs-Defizit der umgebenden Luft den Rückgang der Transpiration nicht bedingt, ergibt sich aus der Tatsache, dass das S. D. während der ersten Versuchsstunden anhaltend stieg.

Nun ist aber für die Grösse der Transpiration nicht nur die Höhe des Dampfdruckes, sondern auch die Öffnungsweite der Spaltöffnungen massgebend. Dass die Spaltöffnungsbewegung als Ursache für den Transpirationsrückgang anzusprechen sei, darauf wiesen schon die relativ grossen Differenzen zwischen den Transpirationswerten der ersten zwei Stunden hin. Diese Annahme wurde durch die Arbeit von Nicolic (1925, p. 345) als richtig erwiesen, der die Beziehungen der Lichtintensität zur Stomatärbewegung messend verfolgte. Dieser Autor schreibt: „Werden geschlossene Stomata starker und gleichbleibender Lichtintensität ausgesetzt, so tritt zunächst innerhalb 1—1½ Stunden eine Öffnungsbewegung ein, die über das Ziel hinausgeht; hierauf erfolgt eine Schliessungsbewegung und schliesslich stellt sich — eventuell nach neuerlicher Auf- und Abschwankung der Öffnungsweite, — ein bestimmter, wenigstens eine Zeit hindurch stationärer Grad des Öffnungszustandes ein." Mit solchen Bewegungen der Spaltöffnungen kann eine Transpirationskurve wie sie z. B. *Oxalis* in Versuch 12 (Fig. 2) ergeben hat, folgendermassen erklärt werden: Das durch plötzliche Belichtung mit 5000 Lux bewirkte relativ hohe Anfangsmaximum der Transpiration ist offenbar eine Folge der in der ersten Stunde der Belichtung über das Ziel hinausschiessenden Öffnungsbewegung der Spaltöffnungen, worauf in der zweiten Stunde infolge teilweisen Schlusses der Spaltöffnungen die Wasserabgabe abnimmt. Ein stationärer Zustand der Stomata trat in meinen Versuchen offenbar nicht ein, da in der dritten und vierten Stunde die Transpiration wieder stieg. Dieser Anstieg

muss auf einer stärkeren Öffnung der Stomata beruhen, welche ihrerseits offenbar durch eine Steigerung des Wassergehaltes der Pflanze ermöglicht worden ist.

Da dieses Anfangsmaximum nicht nur bei *Oxalis*, sondern auch bei *Veronica* und *Hieracium* auftrat, können auch die Transpirationskurven dieser Pflanzen mit den Versuchsergebnissen Nicolic's erklärt werden, ja auch die Kurven von *Alyssum*, dessen relativer Rückgang der Transpiration offenbar auf demselben teilweisen Spaltenschluss beruht.

In meinen Versuchen geht somit das Anfangsmaximum, sowie die in der zweiten Stunde beobachtete Abnahme der Transpiration, offenbar auf die Öffnungsbewegungen der Stomata zurück. Daher darf gesagt werden, dass der tägliche Gang der Transpiration von der Regulation durch die Spaltöffnungen stark beeinflusst wird.

Da Figur 1 der Arbeit Nicolic's ganz ähnliche Verschiedenheiten im Verlauf der Stomatärbewegung wiedergibt, wie ich sie für den Transpirationsrückgang erhalten habe, so ist weiterhin anzunehmen, dass die Verschiedenheiten, welche Stärke und Dauer des Transpirationsrückganges (siehe p. 199) bei verschiedenen Species zeigen, auf entsprechenden Verschiedenheiten ihrer Spaltöffnungsbewegungen beruhen.

IV. Minima und Maxima der Transpiration.

Zur Charakterisierung der verschiedenen Pflanzenspecies auf Grund der Intensität ihrer Transpiration eignen sich in besonderm Masse auch die Minima und Maxima der Transpiration, die meine Versuche ergeben haben. Die Abhängigkeit der Transpiration von der Lichtintensität bedingte, dass sich die Transpirationsminima bei Dunkelheit, die Maxima sich bei der grössten von mir angewandten Lichtstärke, nämlich bei 5000 Lux, einstellten.

Aus praktischen Gründen habe ich für die verschiedenen Maxima und Minima, welche mir drei gleichzeitig untersuchte Individuen derselben Art lieferten, deren Mittelwert eingesetzt, und diese entsprechend der Grösse des S. D., bei denen diese Werte eingetreten waren, in den Tabellen 8, 9 und 10 zusammengestellt.

Diese Tabellen zeigen, dass die Minima und Maxima der Transpiration vom S. D. nicht abhängig sind. Es liesse sich natürlich denken, dass eine Abhängigkeit doch bestehe, dass sie aber infolge der Wirkung anderer Faktoren, wie z. B. der Temperatur des Bodens oder der Blätter, überdeckt worden sei. Da ich aber diese Faktoren nicht bestimmt habe, kann ich über ihre Wirkung nichts aussagen.

Maximal- und Minimalwerte der Transpiration

Tab. 8. *Oxalis*		Tab. 9. *Alyssum*		Tab. 10. *Veronica*	
Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
1,4 (10)[1]	0,32 (3)[1]	5,2 (10)	0,35 (3)	12,3 (7)	1,3 (3)
1,9 (15)	0,43 (3,8)	3,2 (12)	1,35 (5)	8 (10)	4,1 (4,3)
0,94 (16)	0,15 (4)	11,2 (16)	1,1 (5)	5,3 (12)	3,2 (5)
		12,4 (26)	2,1 (7,8)	18 (14)	2 (8)
			0,7 (8)		4 (8,7)
			1,6 (11)		8,3 (10)
Mittel 1,4[2]	0,3[2]	9,0![2]	1,2![2]	8,4![2]	3,8![2]

Tabelle 11. *Hieracium.*

Hieracium in den Versuchen mit *Oxalis*		*Hieracium* in den Versuchen mit *Alyssum*		*Hieracium* in den Versuchen mit *Veronica*	
Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
5,5 (5)[1]	1,5 (3)	5,8 (11)	0,4 (2)	3,5 (3)	0,4 (2)
8,7 (6)	1,7 (3)	4 (12)	1,2 (5)	6,2 (10)	1,2 (4)
8,5 (10)	2,3 (4)	8,8 (26)	1,7 (5)	4 (12)	1,3 (4)
	1,9 (11)		1,7 (8)	6,7 (14)	1,7 (8)
			2,1 (9)		2,1 (9)
			1,9 (11)		1,7 (10)
Mittel 7,5[2]	1,8[2]	6,2![2]	1,5![2]	5,1![2]	1,4![2]

Anmerkungen. [1]) Die eingeklammerten Werte bezeichnen die zu den Extremwerten gehörigen Werte des Sättigungs-Defizites. — [2]) Diese Werte sind die aus den Versuchsmitteln errechneten Durchschnittsmaxima und -minima.

Aus jeder Tabelle bestimmte ich nun das Gesamtmittel aus den einzelnen Versuchsmitteln; dieses liefert für jede Pflanzenspecies einen charakteristischen Wert. Da aber diese Werte nicht miteinander verglichen werden dürfen, weil sie aus verschiedenen Versuchen unter verschiedenen Bedingungen gewonnen worden sind, so führe ich den Vergleich nur zwischen den Durchschnittswerten von *Oxalis, Alyssum* und *Veronica* einerseits, und denjenigen der jeweilen gleichzeitig untersuchten Vergleichspflanze *Hieracium* anderseits durch. Die drei Mittelwerte der Maxima und Minima von *Hieracium*, die den Mittelwerten je einer andern Versuchspflanze entsprechen, sind samt den Zahlen, aus denen sie errechnet wurden, in Tabelle 11 zusammengestellt.

Auf Grund der sich entsprechenden Werte lassen sich nun *Oxalis, Alyssum* und *Veronica* gegenüber *Hieracium* folgendermassen charakterisieren:

a) Oxalis.

Sowohl in der Dunkelheit als auch in starkem Licht transpiriert *Oxalis* 5—6 mal weniger als *Hieracium*. Ein Minima-Durchschnitt von 0,3 mgr pro cm^2 *(Hieracium:* 1,85) und ein Maxima-Durschschnitt von 1,4 *(Hieracium:* 7,5) bedeuten ausserordentlich geringe Werte und bestätigen die Ergebnisse von O. Stocker (1923, p. 24) und von M. Dietrich (1926, Tab. 10), wonach *Oxalis* in jeder Beziehung schwach transpiriert.

b) Alyssum.

Der Durchschnitt der Minima von *Alyssum* (1,2) ist ein wenig kleiner als derjenige von *Hieracium* (1,5). Der Durchschnitt der Maxima (9,0) ist dagegen beträchtlich höher als der entsprechende Wert von *Hieracium* (6,2). Da das Transpirationsmaximum bei *Alyssum* immer nur bei stärkster Beleuchtung und gleichzeitig starker Trockenheit auftritt, so verursachen offenbar diese beiden Faktoren die quantitative Überlegenheit der Transpiration von *Alyssum* über diejenige von *Hieracium*.

c) Veronica.

Sowohl in der Dunkelheit als auch in starkem Licht transpiriert *Veronica* bedeutend mehr als *Hieracium*. Dieses Verhalten kommt im Dunkeln besonders deutlich zur Geltung. Das Minimum von 3,8 ist allerdings wohl etwas zu hoch ausgefallen, da in ihm ein durch seine Höhe (8,3 mgr) ganz isoliert stehendes und unerklärlich hohes Versuchsmittel enthalten ist. Da aber das ohne diesen Wert erhaltene Mittel 2,9 beträgt, ist die Transpiration von *Veronica* im Dunkeln immer noch doppelt so gross als diejenige von *Hieracium* (1,4), während das im Licht erreichte Maximum (8,4) nur etwa 1½ mal so gross ist als dasjenige von *Hieracium* (5,1).

Die untersuchten Pflanzen lassen sich somit, je nachdem man ihre Transpiration in der Dunkelheit (Minima) oder in starkem Licht (Maxima) berücksichtigt, in zwei Reihen anordnen, in denen jedes Glied eine geringere Transpiration aufweist als das nachfolgende.

I. Im Dunkeln: *Oxalis* — *Alyssum* — *Hieracium* — *Veronica*.
II. In starkem Licht: *Oxalis* — *Hieracium* — *Veronica* und *Alyssum*.

Die Frage, ob *Alyssum* bei starker Beleuchtung mehr transpiriert als *Veronica*, kann auf Grund der oben angegebenen Maximalzahlen nicht beantwortet werden, da ich beide Pflanzen nie gleichzeitig untersucht habe. Obwohl dies auch für die Zahlen von *Oxalis*

und *Alyssum* gilt, dürfen diese wohl doch miteinander verglichen werden, da sie ausserordentlich stark differieren. (*Oxalis* 0,3 und *Alyssum* 1,2.)

V. Die Amplitude der Transpirationsschwankung bei den einzelnen Versuchspflanzen.

In ähnlicher Weise, wie durch die absoluten Maxima und Minima, lassen sich die Versuchspflanzen auch auf Grund des gesamten Anstiegs ihrer Transpiration vom Minimum bis zum Maximum oder des Rückganges vom Maximum bis zum Minimum miteinander vergleichen. Diese Amplitude der Transpirationsschwankung, die sich im Laufe mehrerer Stunden ergibt, lässt sich entweder in Prozenten des Minimums ausdrücken, so dass man relative Werte der Amplitude erhält, oder durch die absoluten Werte. Letztere geben dann über die tatsächliche Lage der Minima und Maxima bei den verschiedenen Species Aufschluss.

a) Die relativen Werte der Amplitude der Transpiration.

Die Tabellen 12—14 enthalten für jeden Versuch die aus den drei Individuen derselben Art gewonnenen Mittel der Amplituden sowie die gleichzeitig bestimmten Sättigungs-Defizite. Daneben sind die ebenfalls gleichzeitig bestimmten Werte der Vergleichspflanze *Hieracium* beigefügt.

Die relative Amplitude der Transpirationsschwankung bei den Versuchspflanzen.

Tabelle 12. *Alyssum montanum.*

Versuch No.	*Alyssum*	*Hieracium*	S. D.
22	1050%	> 620%	5—26
23	670%	> 250%	5—11
27	390%	> 135%	7—12
Gesamtmittel	703%	> 335%	

Tabelle 13. *Oxalis Acetosella.*

Versuch No.	*Oxalis*	*Hieracium*	S. D.
11	285%	> 275%	4 - 8
12	550%	> 420%	4 -16
16	340%	> 275%	3—16
Gesamtmittel	392%	> 323%	

Tabelle 14. *Veronica Beccabunga.*

Versuch No.	*Veronica*	*Hieracium*	S. D.
5	110%	< 310%	10—15
21	100%	< 210%	9—11
25	290%	> 220%	5— 8
27	165%	> 135%	7—12
Gesamtmittel	166%	< 218%	

Tabelle 12 zeigt, dass die Amplitude der relativen Transpirationsschwankungen bei *Alyssum* bedeutend, d. h. 1,7 bis 2,9 mal grösser ist als diejenige von *Hieracium*. Auch die Amplitude von *Oxalis* übersteigt durchweg diejenige von *Hieracium*, jedoch in soviel geringerem Verhältnis (1,04 bis 1,3), dass in Anbetracht der Berechnungsweise dieser Zahlen der Unterschied nahe der Fehlergrenze liegen dürfte. Immerhin ist *Oxalis* dem *Hieracium* in allen drei Versuchen überlegen.

Dagegen verhält sich *Veronica* nicht immer gleich, indem sie in den Versuchen 5 und 21 eine kleinere, in den Versuchen 25 und 27 eine grössere Schwankung als *Hieracium* zeigt. Da in Versuch 5 ein relativ grosses, in Versuch 25 dagegen ein relativ kleines S. D. herrschte, darf wohl der Schluss gezogen werden, dass *Veronica* bei grösserem S. D. eine geringere, bei kleinerem S. D. eine grössere Amplitude aufweist als *Hieracium*.

Die Zahlen der untersten Reihe der Tabellen 12—14 repräsentieren die Mittelwerte der Amplituden aus den verschiedenen Versuchen. Ihr Vergleich ergibt dasselbe Resultat, wie das aus dem Vergleich innerhalb den Einzelversuchen erhaltene. Zudem lassen diese Zahlen auf Grund ihrer grossen Differenzen erkennen, dass die maximale Transpirationsschwankung von *Alyssum* (703%) bedeutend grösser ist als diejenige von *Oxalis* (392%). Es ergibt sich also folgende Reihe, in der jedes Glied gegenüber dem vorangegangenen eine grössere Amplitude zwischen Maximum und Minimum aufweist:

Veronica — Hieracium — Oxalis — Alyssum.

b) Die absoluten Werte der Amplitude der Transpiration.

Während die eben besprochenen Verhältniszahlen das Mass der Reaktionsfähigkeit einer Pflanze gegenüber den äussern Faktoren zum Ausdruck bringen, liefern die absoluten Werte der Amplitude in gewissem Sinn einen Masstab für die Intensität des Stoffwechsels dieser Pflanzen. Denn je stärker die Transpiration,

desto grösser die Fähigkeit der Pflanze, aus dem Boden neues Wasser und damit neue Nährsalze aufzunehmen. Darum ist auch eine Betrachtung der absoluten Werte der Amplitude der Transpiration für die Beurteilung der Intensität der Ernährung mit Bodensalzen wertvoll. In Figur 6 sind diese Beträge für die vier untersuchten Species durch die Länge von Strecken veranschaulicht, deren Endpunkte durch die Maxima und Minima ge-

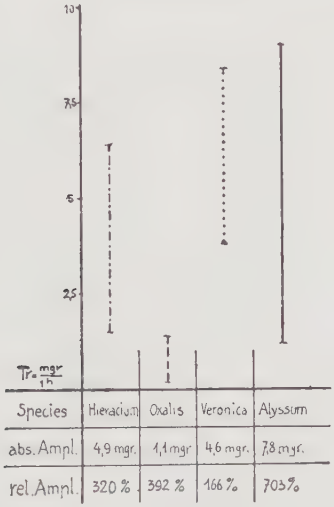

Fig. 6. Die absolute Amplitude der Transpirationsschwankung bei den Versuchspflanzen.

Anmerkung. Aus praktischen Gründen wurden die drei für *Hieracium* erhaltenen Werte der Tabelle 11 durch einen einzigen ersetzt, der aus der Gesamtheit der Versuche mit *Hieracium* bestimmt wurde. Darum erhielt ich auch als Durchschnitt der relativen Amplitude der Transpiration 320% (Fig. 6), während das aus den Tabellen 12—14 sich ergebende Mittel einen hievon etwas abweichenden Wert (292%) ergibt. Diese Abweichung geht darauf zurück, dass eben die 3 Werte von *Hieracium* der Tabellen 12—14 Mittel von Werten einer verschiedenen Anzahl von Versuchen sind.

bildet werden. Überdies bringt diese Figur die gegenseitige Lage der absoluten Werte zur Darstellung, zwischen welchen sich die Transpiration meiner Versuchspflanzen bewegte. In zwei besondern Kolonnen wurden die absoluten und relativen Zahlenwerte der Amplituden beigefügt.

Bei der Vergleichspflanze *Hieracium* entspricht einer relativen Amplitude von 320% ein absoluter Wert von 4,9 mgr Transpiration pro cm^2. Fast dieselbe absolute Amplitude, nämlich 4,6 mgr zeigt auch *Veronica*. Dass ihr relativer Wert (166%) im

Vergleich zu demjenigen von *Hieracium* viel kleiner ist, beruht darauf, dass bei *Veronica* das Minimum der Transpiration höher liegt als bei *Hieracium*, immerhin nicht etwa höher als das Maximum von *Hieracium*.

Alyssum ist gegenüber *Hieracium* sowohl durch einen grösseren absoluten (7,8) als auch einen grösseren relativen Wert (703%) der maximalen Transpirationsschwankung ausgezeichnet. Dieses Ergebnis wird durch das höhere Maximum von *Alyssum* verursacht, während das Minimum bei ihm und bei *Hieracium* ungefähr gleich hoch (1,2 bei A., resp. 1,5 bei H.) liegt.

Die an *Oxalis* gewonnenen Werte weichen von denen der vorhin besprochenen Species in jeder Beziehung ab. Zunächst liegt das Minimum von *Oxalis* (0,3 mgr) viel tiefer als bei allen andern Versuchspflanzen; sodann erreicht ihr Maximum (1,4) nicht einmal den Minimalwert von *Hieracium*. (Mit dem etwas niedrigeren Minimum von *Alyssum* (1,2) kann *Oxalis* nicht verglichen werden, da diese beiden Pflanzen nie gleichzeitig zur Untersuchung kamen). Da ich als Einheit für die relative Amplitude den Minimalwert der Transpiration gewählt habe, bedingt dieser bei *Oxalis* das grosse Ausmass der relativen Transpirationsschwankung von 392%. Diese Zahl könnte leicht zu falschen Vorstellungen über die Transpiration von *Oxalis* führen, da sie grösser ist als die entsprechende von *Hieracium*. Darum muss stets auch die Lage des absoluten Wertes der Amplitude berücksichtigt werden. Dieser beträgt bei *Oxalis*, welche unter allen Bedingungen extrem tiefe Transpirationswerte aufweist, nur 1,1 mgr pro cm^2, und ist 4mal kleiner als der entsprechende Wert von *Hieracium*.

VI. Ergänzende Versuche mit andern Pflanzen.

Neben den bisher besprochenen Hauptversuchen mit *Oxalis*, *Veronica*, *Alyssum* und *Hieracium*, führte ich je 1—2 orientierende Versuche mit einigen andern Pflanzen aus. Da bei dieser geringen Zahl von Versuchen die individuellen Verschiedenheiten das Resultat stark beeinflussen, darf diesem nicht die gleiche Beweiskraft beigemessen werden, wie demjenigen der Hauptversuche, das auf einer grösseren Zahl von Versuchen beruht. Immerhin ergänzen und erweitern ihre Ergebnisse die bei den Pflanzen der Hauptversuche erhaltenen Resultate.

Den absoluten Rückgang der Transpiration bei konstanter Lichtintensität wiesen übereinstimmend folgende Pflanzenspecies auf: *Viola silvatica*, *Glechoma hederacea*, *Ficaria verna*, *Fragaria vesca*, *Primula elatior* und *Primula officinalis*. *Brunella vulgaris*

dagegen bildet insofern eine Ausnahme, als bei ihr diese Einschränkung der Transpiration nicht absolut, sondern nur relativ zum Ausdruck kam; sie schliesst sich damit an *Alyssum* an.

In bezug auf die Maxima und Minima der Transpiration bilden diese Pflanzen folgende Gruppen, von denen jede zu dem in allen Versuchen gleichzeitig verwendeten *Hieracium* in Beziehung gesetzt werden konnte.

I. Höhere Maxima der Transpiration als *Hieracium* (6,9) zeigt *Brunella* (8,3).

II. Niedrigere Maxima der Transpiration als *Hieracium* zeigen: *Fragaria* (F = 3,8, H = 4,9), *Ficaria* (F = 4,2, H = 6,1), *Viola* (V = 5,3, H = 6,2), *Glechoma* (G = 5,2, H = 6,3), *Primula elatior* (P e = 3,3, H = 5,6) und *Primula officinalis* (P o = 3, H = 6,8).

III. Höhere Minima der Transpiration als *Hieracium* zeigen: *Ficaria* (F = 3,1, H = 2) und *Brunella* (B = 2,4, H = 1,8).

IV. Niedrigere Minima der Transpiration als *Hieracium* zeigen: *Fragaria* (F = 0,9, H = 1,3), *Viola* (V = 1, H = 1,4), *Glechoma* (G = 0,8, H = 1,4), *Primula elatior* (P e = 0,9, H = 1,6) und *Primula officinalis* (P o = 0,8, H = 1,6).

Somit zeigen typische Schattenpflanzen wie *Viola* und *Glechoma* sowohl im Dunkeln (Minima) als auch im starken Licht (Maxima) eine schwächere Transpiration als die Sonnenpflanze *Hieracium*. Anderseits schliesst sich die Sonnenpflanze *Brunella* in ihrer Transpiration an die Sonnenpflanzen *Alyssum* und *Veronica* an, die beide höhere Minima und Maxima als *Hieracium* besitzen. Darum darf dem aus den Versuchen mit den vier Hauptpflanzen gewonnenen Resultat, dass Schattenpflanzen weniger transpirieren als Sonnenpflanzen, allgemeinere Bedeutung zugemessen werden. Von dieser Regel bilden allerdings die beiden *Primula*-arten sowie *Ficaria* eine Ausnahme. Da sie aber zu den Frühblühern gehören, können sie nicht ohne weiteres als typische Sonnen- oder Schattenpflanzen bezeichnet werden.

VII. Versuche, die teilweise im Freien durchgeführt wurden.

Während die bisher besprochenen Versuche im Laboratorium unter künstlichen Bedingungen ausgeführt wurden, stellte ich am 12./13. XI. 1923 und am 14./15. VI. 1924 zwei Versuche, wenigstens zum grösseren Teil, im Freien an. Meine vier hauptsächlichen Versuchspflanzen (*Hieracium*, *Oxalis*, *Veronica* und *Alyssum*) wurden vorerst während ca. 16—18 Stunden im Laboratorium

unter Kartonkapseln dunkel gehalten, dann aber im Freien dem natürlichen vorerst schwachen Tageslicht ausgesetzt. Im übrigen verfuhr ich nach der bei den Laboratoriumsversuchen angewandten Methode.

In bezug auf die absoluten Werte der Transpiration konnten die bei den Laboratoriumsversuchen gewonnenen Resultate im allgemeinen bestätigt werden. Dagegen liess sich bei beiden Freilandversuchen nach dem ersten Intervall mit Belichtung kein Abfall der Transpiration feststellen, wie ihn die meisten Laboratoriumsversuche ergeben hatten. Ob nun der Übergang aus der relativ trockenen Laboratoriumsluft in die feuchte Morgenluft an diesem abweichenden Ergebnis schuld ist oder vielleicht die andauernde, allerdings langsame Zunahme der Lichtintensität gegenüber ihrer Konstanz im Laboratorium, vermag ich nicht zu entscheiden.

E. Besprechung der Resultate.

Nachdem Schimper (1898) die Auffassung vertreten hatte, dass Pflanzen physikalisch oder physiologisch trockener Standorte Einrichtungen zur Beschränkung ihrer Transpiration aufweisen, während solche, die an feuchten Standorten gedeihen, Einrichtungen zur Förderung ihrer Wasserabgabe besitzen, so dass seine Xerophyten eine schwächere Transpiration aufweisen müssten, als seine Hygrophyten, haben neuere Untersuchungen bei verschiedenen ökologischen Pflanzengruppen gezeigt, dass Schimpers These in ihrer allgemeinen Fassung den Tatsachen nicht entspricht.

In bezug auf Sonnen- und Schattenpflanzen haben dies Senn (1922), Maximow (1923), Stocker (1923), Keller (1925) und Dietrich (1925) nachgewiesen, die übereinstimmend feststellten, dass Sonnenpflanzen mehr transpirieren als Schattenpflanzen. Meine Ergebnisse haben die Resultate der genannten Forscher nicht nur vollauf bestätigt, sondern noch dahin erweitert, dass die Überlegenheit der Transpiration von Sonnenpflanzen über diejenige von Schattenpflanzen nicht nur im Schatten und in der Sonne, sondern auch im Dunkeln besteht, indem sowohl *Oxalis* als auch *Glechoma hederacea* und *Viola silvatica* niedrigere Minima aufweisen als *Alyssum*, *Brunella* und *Hieracium*. Daraus geht hervor, dass die Verschiedenheit zwischen der Transpiration der Sonnen- und Schattenpflanzen nicht nur durch die stomatäre, sondern auch durch die kutikuläre Transpiration bedingt wird, und zwar in dem Sinne, dass die zarten Blätter der Hygrophyten auch im Dunkeln weniger transpirieren als die robusteren Blätter

der Xerophyten, während nach der SCHIMPERSCHEN Auffassung zum mindesten die kutikuläre Transpiration der Hygrophyten grösser sein müsste als diejenige der Xerophyten.

M. DIETRICHS Ergebnis, nach welchem beim Übergang vom Schatten- zum Sonnenstandort die Transpiration der Sonnenspecies einen stärkeren relativen Anstieg zeigt, als diejenige der Schattenspecies, konnte ich nicht im gleichen Umfang bestätigen, indem ich bei der Schattenpflanze *Oxalis* in der ersten Stunde nach starker Belichtung einen relativen Transpirationsanstieg erhielt, der gleich gross war wie derjenige der Sonnenpflanze *Hieracium*. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass meine Versuchsanstellung nicht genau derjenigen DIETRICHS entsprach, da in meinen Untersuchungen der Einfluss starken Lichtes gegenüber der Dunkelheit studiert wurde, von DIETRICH dagegen der Einfluss starken Lichtes gegenüber schwachem Licht. Da aber zwischen DIETRICHS und meiner Versuchsanstellung kein qualitativer, sondern nur ein quantitativer Unterschied besteht, war zu erwarten, dass die Versuchspflanzen ein prinzipiell übereinstimmendes Verhalten zeigten.

Die durch meine Versuche festgestellte Tatsache, dass die Wasserpflanze *Veronica Beccabunga* eine kleinere relative Amplitude der Transpirationsschwankung aufweist als die übrigen Species, ist ausser auf die starke kutikuläre Transpiration vielleicht auch auf die geringe Regulationsfähigkeit ihrer Spaltöffnungen zurückzuführen. DARWIN (1916, p. 413) hat nämlich festgestellt, dass andere Sumpf- und Wasserpflanzen nachts ihre Spaltöffnungen nicht schliessen.

Meine auf Seite 203 vertretene Ansicht, welche den Rückgang der Transpiration, der nach plötzlicher Belichtung und darauffolgender Konstanz der Lichtintensität auftritt, auf eine photisch bedingte Stomatärbewegung zurückführt, steht dagegen im Widerspruch mit der Ansicht von BRIGGS und SHANTZ (1916). Diese Forscher sind auf Grund von ebenfalls stündlichen Transpirationsmessungen zur Auffassung gelangt, dass der Regulation der Transpiration durch die Spaltöffnungen höchstens untergeordnete Bedeutung zukommen könne. Nun darf aber nicht übersehen werden, dass meine Resultate auf Laboratoriumsversuchen basieren und darum nicht ohne weiteres mit den Ergebnissen dieser beiden Forscher verglichen werden dürfen.

Obwohl meine teilweise im Freien durchgeführten Versuche den im Laboratorium festgestellten Transpirationsrückgang nicht ergeben haben, die Transpiration also geringere Schwankungen aufwies als im Laboratorium, so wäre es doch nicht verständlich, wenn eine Pflanze von ihrer in Laboratoriumsversuchen festge-

stellten Fähigkeit, die Transpiration durch Stomatärbewegungen zu regulieren, unter den wechselnden natürlichen Aussenbedingungen keinen Gebrauch machen sollte. Ich muss darum bezweifeln, ob der Einfluss der Stomatärbewegungen auf die Transpiration unter natürlichen Verhältnissen wirklich so schwach ist, wie Briggs und Shantz angeben.

F. Zusammenfassung.

Die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Versuche wurden vorwiegend im Laboratorium mittelst stündlichen Wägungen durchgeführt, und die so erhaltenen Transpirationsraten auf die Einheit der einfachen Blattfläche (cm^2) reduziert.

Die Untersuchung führte zu folgenden Resultaten:

1. Sowohl die stomatäre als auch die kutikuläre Transpiration ist bei der Schattenpflanze *Oxalis Acetosella* kleiner als bei den Sonnenpflanzen *Alyssum montanum*, *Hieracium Pilosella* und *Veronica Beccabunga*.
2. Diese Verschiedenheit der Transpiration von Sonnen- und Schattenpflanzen stellte ich unter allen in meinen Versuchen realisierten Bedingungen fest.
3. Sie kann nicht auf die Wirkung bestimmter Aussenfaktoren zurückgeführt werden, da sowohl im Dunkeln als auch in starkem Licht, sowohl bei hoher als auch bei niedriger Luftfeuchtigkeit die Transpiration der Sonnenpflanzen grösser ist als diejenige der Schattenpflanzen. Die Verschiedenheiten beruhen somit auf uns noch unbekannten Unterschieden in der Organisation der verschiedenen Species.
4. Die relative Amplitude der Transpiration, welche als Mass der Veränderlichkeit der Wasserabgabe dienen kann, zeigt bei der Felsenpflanze *Alyssum montanum* die höchsten, bei *Hieracium Pilosella* und *Oxalis Acetosella* mittlere, bei der Wasserpflanze *Veronica Beccabunga* die niedrigsten Werte.
5. Die absolute Amplitude der Transpiration, die als Mass für die Intensität der Ernährung durch Bodensalze dienen kann, ist bei *Alyssum montanum* grösser, bei *Oxalis Acetosella* kleiner als diejenige von *Hieracium Pilosella*, mit welcher *Veronica Beccabunga* in dieser Beziehung übereinstimmt.
6. Nach vorausgegangener nächtlicher Verdunkelung zeigten alle meine Versuchspflanzen in der zweiten oder dritten Stunde starker Beleuchtung einen Rückgang der Transpiration, der, wenn auch nicht stets absolut, so doch relativ zum Ausdruck kam (Abnahme der Steigerung der Transpi-

ration), und zwar bei Konstanz der Lichtintensität und Zunahme des S. D. der Luft.

7. Da dieser Rückgang der Transpiration, der offenbar durch einen teilweisen Verschluss der Spaltöffnungen hervorgerufen wird, als Wirkung des Beleuchtungswechsels aufgefasst werden muss, erweist sich die Transpiration unter den in meinen Versuchen realisierten Bedingungen in erster Linie als vom Licht abhängig, während ein Einfluss des S. D. nur auf die kutikuläre, nicht jedoch auf die stomatäre Transpiration nachgewiesen werden konnte.

Literatur.

1914. Aspirations-Psychrometer-Tafeln. Herausgegeben v. Königl. Preuss. Meteorol. Institut. Braunschweig.
1924. Benecke-Jost. Pflanzenphysiologie. Jena.
1916. Briggs and Shantz. Hourly transpiration rate on clear days, as determined by cyclic environmental factors. Journal of Agricultural Research, Washington (war mir nicht zugänglich, zitiert nach Botanisches Zentralblatt 137, p. 306).
1904. Burgerstein. Die Transpiration der Pflanzen. 1. Teil, Jena.
1920. Burgerstein. Desgleichen. II. Teil. Jena.
1925. Burgerstein. Desgleichen. III. Teil. Jena.
1916. Darwin. On the relation between transpiration and stomatal aperture. Phil. Transact. R. Soc. London 207, p. 413.
1926. Dietrich. Die Transpiration der Schatten- und Sonnenpflanzen in ihren Beziehungen zum Standort. Jahrb. f. wiss. Bot. 65, p. 98.
1923. Henrici. Die Transpiration einiger Gräser in Bechuanaland. Verhandl. d. Nat. Ges. v. Basel. 35. I. Teil, p. 356.
1904. Hesselmann. Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Beih. z. Bot. Zentralblatt 17, p. 811.
1925. Huber, B. Die Beurteilung des Wasserhaushaltes der Pflanze. Jahrb. f. wiss. Bot. 64, p. 1.
1925. Keller. Halophyten- und Xerophytenstudien. Journal of ecology 13. p. 224.
1912. Livingston and Brown. Relation of the daily march of transpiration to variations in the water content of foliage-leaves. Bot. Gazette 53, p. 309.
1923. Maximow. Physiologische-ökologische Untersuchungen über die Dürreresistenz der Xerophyten. Jahrb. f. wiss. Bot. 62, p. 128.
1925. Nicolic. Beiträge zur Physiologie der Spaltöffnungsbewegung. Beih. z. Bot. Zentralblatt 41, I., p. 327.
1911. Renner. Zur Physik der Transpiration. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 29, p. 125.
1912. Renner. Desgleichen II., ebenda 30, p. 572.
1898. Schimper. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena.
1922. Senn, G. Untersuchungen über die Physiologie der Alpenpflanzen. Verhandl. d. Schweiz. Naturforsch. Ges. Bern 1922. II. Teil, p. 154.
1923. Stocker. Die Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen am Standort. Zeitschr. f. Bot. 15, p. 1.
1925. Walter. Die Verdunstung von Wasser in bewegter Luft und ihre Abhängigkeit von der Grösse der Oberfläche. Zur Kritik der Transpirationsversuche. Zeitschr. f. Bot. 18, p. 1.

Manuskript eingegangen den 12. November 1928.

Curriculum vitae.

Ich, Hermann Lüdin, von Basel, wurde als Sohn des Postbeamten Hermann Lüdin und dessen Gattin Sophie Lüdin, geb. Scherrer, am 22. Februar 1901 in meiner Vaterstadt geboren. Daselbst durchlief ich die Primar- und Realschule, welche Anstalt ich im Herbst 1919 mit dem Maturitätszeugnis verliess. Zunächst besuchte ich die hiesigen Fachkurse zur Ausbildung von Primarlehrern und erwarb mir im Frühjahr 1921 das Volksschullehrerpatent. Nachdem ich während des Sommersemesters 1921 die Universität Genf bezogen hatte, widmete ich mich an der Universität Basel dem Studium der Naturwissenschaften und der Geographie. Im Frühjahr 1923 erwarb ich mir das Diplom für das mittlere Lehramt, und im Studienjahre 1925/26 war ich am hiesigen botanischen Institut als Assistent tätig.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Practica folgender Herren Professoren und Privatdozenten:

In Basel: G. Senn, F. Zschokke, H. Hassinger, E. Weiss, F. Fichter, H. Rupe, A. Hagenbach, H. Mohrmann, W. Matthies, O. Spiess, O. Schüepp, E. Handschin.

In Genf: R. Chodat, E. Guyénot.

Allen diesen Herren spreche ich meinen besten Dank aus.